



20568
rej. 2

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA
PARA EL DISEÑO HIDRAULICO DE COLUMNAS
DE FRACCIONAMIENTO**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA QUIMICA
(PROYECTOS)**

P R E S E N T A :

JORGE JUAN MENCARINI RIVERA

México, D. F.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

RESUMEN

Las torres o columnas de fraccionamiento son uno de los equipos principales dentro de una planta química o una petroquímica, pues éstas se utilizan para separar uno o mas componentes encontrados en una mezcla de varios componentes para dar productos con características finales definidas, las cuales pueden ser especificaciones de venta y/o de proceso.

El desarrollo de los sistemas computacionales durante las últimas dos décadas, han hecho que disciplinas como la Ingeniería Química presenten un desarrollo acelerado ya que, como en el caso de la Ingeniería de Procesos, se ha logrado que los métodos de diseño de equipo de proceso convencionales se hayan ampliamente complementado. Gracias a éstos modernos sistemas computacionales, el tiempo de cálculo se ha reducido notablemente, dando como resultado que puedan realizarse cálculos más rigurosos, obteniendo así un diseño de mayor calidad de los equipos y que a su vez sea funcional y económico durante su operación en la planta de procesamiento.

El propósito de este trabajo es desarrollar un programa de computadora para el diseño hidráulico de columnas de fraccionamiento con objeto de contribuir al acervo de programas de computadora de la Maestría en Ingeniería Química de Proyectos, como una herramienta útil que puede ser utilizada por estudiantes de la propia Maestría durante el desarrollo de sus proyectos de trabajo, así como por el profesional que requiera contar con un soporte de este tipo, para la realización de sus actividades. Este diseño hidráulico está enfocado hacia el diseño de platos de válvulas y perforados, el cual está basado en un algoritmo propuesto por Alexander P. Economopoulos y en los manuales de diseño proporcionados por los fabricantes de platos referidos.

Asimismo se incluye el algoritmo y el listado general del programa de diseño de platos. También se presentan las ecuaciones, conceptos y criterios necesarios para la selección y diseño de dichos platos.

ABSTRACT

The fractionation towers are one of the main equipments in a chemical plant. They are used to separate one or more compounds from a mixture to obtain products with final definite characteristics, which could be sale and/or process specifications.

The development of computational systems during the last two decades has supported to disciplines like the Chemical Engineering specially the Process Engineering, where the conventional design methods for process equipment have been largely complement. Because of these modern computational systems, the calculation time has been remarkably reduced and it has made possible to realize rigorous calculus to obtain a design with major quality and at the same time, functional and economical through its operation in the processing plant.

The purpose of this thesis is to develop a computer program for the hydraulic design of fractionation columns to contribute to the computer programs library of the Facultad de Quimica (Maestria en Ingenieria de Proyectos), like a useful tool that could be utilized by students from the own University during the development of their work projects or else, any professional who requires a support like this to realize his activities. This hydraulic design is orientated to the design of valve and sieve plates. This algorithm is based in works after Alexander P. Economopoulos and the manufacturer design manuals.

Likewise, it includes the algorithm and the general instruction list of this program. In an alike manner it presents the equations, concepts and criterion necessary for the plate selection and design.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCION	pag 1
2	GENERALIDADES	4
	2.1 Historia	
	2.2 Sistema utilizado de computo y lenguaje	
	2.3 Alcance	
	2.4 Limitaciones	
3	DESCRIPCION DE LAS ECUACIONES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA DE COMPUTADORA	10
	3.1 Correlaciones para el dimensionamiento del plato	
	3.2 Correlaciones para el diseño del plato	
4	DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA	56
	4.1 Estructura General	
	4.2 Datos de entrada y menu de alimentación	
	4.3 Descripción del programa	
5	RESULTADOS	102
	5.1 Corridas efectuadas	
	5.2 Comparación de resultados obtenidos por diferentes platos	
	5.3 Variación de los parámetros de alimentación	
6	MANUAL DE USUARIO	124
	6.1 Instrucciones para cargar el programa	
	6.2 Ejemplo de alimentación de datos	
	6.3 Notas complementarias al capítulo	
7	COSTOS DE COLUMNAS E INTERNOS	140
8	CONCLUSIONES	161
9	BIBLIOGRAFIA	163

ANEXOS :

A	Método de Newton-Raphson	167
B	Listado del programa	170

1. INTRODUCCION

Es de suma importancia para el país, el desarrollo e implementación de algoritmos de cálculo para el diseño de equipos, como es el caso de los internos de las torres de fraccionamiento. Con este desarrollo de programas se pueden conseguir varias situaciones favorables: disminuir la salida de divisas por pago de regalías y mejorar el diseño de las plantas de procesamiento, lo cual se traduce en un aumento en la producción y calidad de los productos.

Los objetivos de la tesis pueden resumirse de la siguiente manera: hacer una investigación, descripción y clasificación de los diferentes tipos de platos existentes en la industria, así como de los métodos de diseño hidráulico de dichos platos. Asimismo se discuten las ecuaciones, parámetros, criterios, conceptos y recomendaciones aplicables a cada método de diseño.

Los tipos de platos considerados son Glitsch, Koch y perforados por contarse con una amplia información en la literatura abierta y los algoritmos de diseño son los propuestos por Alexander P. Economopoulos y los manuales proporcionados por los fabricantes de platos.

En el capítulo 2 se presentan las generalidades del tema central de la tesis, incluyendo la evolución que ha tenido el proceso de destilación y el tipo de internos utilizados en la práctica. También se refiere el lenguaje computacional y el equipo utilizado para el desarrollo de la presente tesis.

En el capítulo 3 se describen las ecuaciones utilizadas en el algoritmo de diseño, incluyendo los criterios para el dimensionamiento y las correlaciones involucradas.

En el capítulo 4 se muestra la estructura general del programa de computadora en lo que respecta a archivo de cálculo, así como de alimentación de datos e impresión de resultados.

En el capítulo 5 se presta especial atención a la discusión de los resultados de las corridas del programa desarrollado, con el propósito de mostrar su confiabilidad.

En el capítulo 6 se incluye un manual de usuario que contiene las instrucciones para realizar corridas con el programa y cargar los datos necesarios para el diseño, en forma detallada. Se incluyó este capítulo para que alumnos de la Maestría en Ingeniería de Proyectos, así como cualquier profesional relacionado con este tipo de actividades, pueda fácilmente operar el programa de cómputo.

2.

GENERALIDADES

En el capítulo 7 se presentan diferentes métodos gráficos para estimar costos de fabricación de columnas y de sus internos, acompañándolos de un ejemplo de aplicación.

Al final se anexa el listado completo del programa de cómputo, a fin de que cualquier persona interesada en éste, pueda fácilmente implementarlo en su computadora.

2.1 HISTORIA

Hasta donde se sabe, el proceso de destilación fué inventado por los más antiguos alquimistas quienes empleaban una gran cantidad de aparatos complejos y bien diseñados para preparar sustancias volátiles y tratar de atacar y colorear los metales con sus vapores. Antes de los alquimistas no se conocía nada que pudiera llamarse realmente destilación, a no ser por ejemplo, cuando se calentaba el agua de mar en calderas abiertas y se sacudían las gotas condensadas en las tapaderas usándolas como agua para beber.

A partir del siglo XIV se introdujo gradualmente en Europa la práctica de enfriar el tubo de salida del alambique tradicional (formado por la cabeza o capitel del alambique, el cuerpo y el recipiente), convirtiéndose en un serpentín condensador del que deriva el refrigerante moderno. Con esta mejora se consiguió recuperar por condensación los líquidos y las sustancias que tenían bajos puntos de ebullición.

El alcohol es una de las sustancias obtenidas por destilación más antiguas, las primeras descripciones europeas de esto datan del año 1100. Este era obtenido durante la Edad Media por la destilación del vino en un proceso de dos etapas; la primera destilación producía un alcohol del 60% al que se nombraba "agua ardens" o aguardiente; una nueva destilación subía el porcentaje hasta el 96%, este producto final se conocía con el nombre de "agua vitae" o agua de vida.

En 1150 los químicos italianos destilaron ácido nítrico de una mezcla de nitró y alumbre para usarlo en la refinación del oro. El ácido sulfúrico se producía en el siglo XIII por destilación de alumbre principalmente. En el siglo XV se destilaba ácido clorhídrico de una mezcla de nitró y sal común. El conocimiento de estos ácidos fuertes se difundió rápidamente en todas direcciones. Se aplicaron a la disolución de sales, de metalurgia y en el trabajo de los metales, así como en calidad de agentes mordientes y de blanqueado. Esta destilación de ácidos abrió las puertas a la producción de diversos productos químicos nuevos. Pero no fué hasta la Revolución Industrial que se encontraron nuevos usos para la destilación al obtener productos derivados del carbón.

Hasta antes del siglo XVIII la destilación era del tipo diferencial con un pequeño reflujo. Cerca del final de este siglo se introdujeron nuevas modificaciones. En 1800 Rumford usó vapor abierto como agente de calentamiento. Las predecesoras de las cachuchas de burbujeo conocidas hoy en

día fueron inventadas en 1822 por Ferrier. Esas cachuchas eran usadas como dispositivos de contacto para el vapor que se introducía debajo del plato, en el cual las cachuchas eran colocadas; el vino estaba circulando alrededor de las cachuchas en el plato y el vapor agotaba el alcohol del vino. En 1830 Coffee desarrolló un alambique continuo, el cual usaba: platos perforados, precalentador de alimentación y reflujo interno.

Hasta principios de 1950 la mayoría de las columnas de destilación se equipaban con platos de cachuchas de burbujeo. Sin embargo, éstos platos tienen varias desventajas como son: su elevado costo de fabricación e instalación y que presentan una menor capacidad que otros tipos de platos.

Los platos perforados iniciaron su popularidad a mediados de los años cincuenta cuando se encontró que mantenían elevadas eficiencias dentro de rangos razonables de flujo de líquido y vapor, su construcción es muy económica y además tienen muy buena capacidad.

En 1951, casi al mismo tiempo que los platos perforados, empezaron a ser atractivos para la industria los platos de válvulas que fueron introducidos por Nutter Engineering Co. en plantas de gasolina. El plato tenía agujeros rectangulares para el paso del vapor, cada uno equipado con una cubierta, la cuál estaba provista de guías que le retenían sobre el orificio y que se movía hacia arriba o hacia abajo de acuerdo con el flujo de vapor.

Otras dos compañías que se dedicaron a la producción de platos de válvulas fueron Fritz W. Glitsch & Sons que introdujo los platos de balastra que utilizan válvulas circulares colocadas sobre agujeros para el paso de vapor y los platos Flexitray de la Koch Engineering Co. que presentan una configuración similar. Koch además, nace una combinación de platos perforados y de válvulas llamada Flexipef que permite un diseño más económico.

2.2 SISTEMA UTILIZADO DE COMPUTO Y LENGUAJE

El sistema de computo utilizado para desarrollar el programa fué de la marca FRANKLIN ACE 1000 (prácticamente similar a un sistema APPLE II-PLUS), el cual tiene una capacidad de 64 KBytes de memoria total y una longitud de palabra de 8 bits.

Lo anterior implica una disponibilidad de recursos sensiblemente limitada con respecto a la memoria y velocidad de cálculo en sistemas minicomputadores de 16 bits o mayores. Esto se debe a que la memoria disponible tanto para un programa como para los valores numéricos que genera dicho programa, sólo es de 35 KBytes, pues la diferencia para los 64 KBytes es utilizada por el lenguaje mismo y por otros recursos del sistema microprocesador.

Con objeto de optimizar la memoria disponible para el programa, fué necesario estructurarlo en módulos, por lo que se dividió el programa en tres subprogramas; el primero es un programa para la entrada de datos, el segundo es el programa principal donde se calculan los principales parámetros del plato y el tercero y último es un programa para la impresión de resultados obtenidos. Para así poder utilizar el recurso del encadenamiento del programa. Dichos programas están grabados en una de las caras de un disco flexible de 5 1/4".

El lenguaje de computo utilizado para la realización de éste trabajo fué el lenguaje llamado BASIC (Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code) versión Applesoft, el cual es un lenguaje de programación como cualquier otro lenguaje, consiste de un conjunto de instrucciones que se deben combinar para crear programas. Esto es, un programa define la tarea que se desea que el computador realice.

2.3 ALCANCE

El presente trabajo tiene como alcance, el presentar un programa de computadora que lleva a cabo el diseño hidráulico de una columna de fraccionamiento. Este diseño consiste en la evaluación de diferentes parámetros que indican el comportamiento de un plato, relacionándolo con la capacidad y la eficiencia, para que puedan fijarse sus principales características físicas a fin de obtener un comportamiento determinado que proporcione la máxima capacidad y eficiencia. Los parámetros que considera son:

- Caida de presión
- Arrastre
- Retención de líquido en la bajante
- Rango de operación o flexibilidad

Al final del programa el usuario puede obtener una hoja de datos de proceso para internos de torres, llena con los datos alimentados inicialmente y los parámetros de la geometría del plato calculados por el programa. La información proporcionada por el programa es la necesaria y suficiente para elaborar los planos constructivos de los platos en cuestión.

En los capítulos siguientes se menciona toda la información y los pasos o etapas necesarias para poder documentar y correr el programa correctamente.

2.4 LIMITACIONES

El programa calcula el diseño para platos de los siguientes tipos:

- Platos perforados
- Platos de "Balastra" tipo Glitsch con válvulas "V - 1" y "V-4"
- Platos de válvulas tipo Flexitray "A", "T" y con orificio "K-B"

Dada la limitada capacidad de memoria de la máquina, el programa no puede calcular a la vez, un diseño para todos y cada uno de los platos de la columna y así poder obtener el diseño óptimo de un plato más tarde. Para poder obtener el diseño óptimo, es necesario sacar un diseño para cada plato y luego escoger el que sea más apropiado para la columna o hacer el diseño para el plato o los platos críticos.

Tampoco es posible hacer la simulación de los platos de la torre, dado que no se cuenta con un programa para el cálculo de las propiedades físicas a las diferentes presiones y temperaturas que presenta la columna en cada plato.

El programa no contempla el cálculo de la eficiencia del plato, ya que es necesario conocer la pendiente de la línea de equilibrio del sistema, dato que generalmente se desconoce, pues es único para cada sistema.

3.

**DESCRIPCION DE LAS
ECUACIONES UTILIZADAS
EN EL PROGRAMA DE
COMPUTACION**

3. DESCRIPCION DE LAS ECUACIONES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA DE COMPUTACION

En éste capítulo se hace mención de las principales ecuaciones utilizadas en el programa de computadora, dando una pequeña explicación de los términos o factores relacionados con el diseño hidráulico de una columna de fraccionamiento y se discute el efecto de cada uno de éstos términos o factores que intervienen en el predimensionamiento de un plato.

La mayoría de los conceptos que se emplean en el diseño de platos perforados aplican también al diseño de los platos de válvulas con excepción de los siguientes:

-El área de flujo necesaria para el vapor es variable, ya que depende de la abertura de las válvulas, la cual es función del flujo de vapor.

-La caída de presión de plato seco es menor para el plato perforado que para el de válvulas, ya que el vapor, está sujeto a mayores variaciones en su trayectoria.

Debido a esto y a que el presente trabajo está basado en un algoritmo propuesto para platos perforados, que los términos en éste capítulo están basados en las características de éstos, sobreentendiéndose que aplican por igual a los platos de válvulas a menos que se especifique lo contrario.

Al final de la tesis aparece la nomenclatura utilizada tanto en el programa de computadora, como en las ecuaciones utilizadas en éste capítulo.

3.1 CORRELACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PLATO

Para obtener el dimensionamiento del plato, deben ser calculados varios factores, como son: el número de pasos de flujo; las longitudes del vertedero, de la trayectoria de flujo y el ancho de la misma; el área de la bajante; el área activa; el factor de inundación del plato y el área total del mismo. A continuación se describen las ecuaciones necesarias para poder calcular los parámetros antes mencionados.

CONVERSION DE UNIDADES.-Debido a que ordinariamente los gastos tanto de líquido como de vapor se encuentran en lb/hr, es necesario convertir el gasto del líquido a gpm y el de vapor a ft³/seg a fin de que sea más fácil su utilización en las ecuaciones subsiguientes, esto es:

$$L_{gpm} = 0.124676 \times \frac{QL}{RL} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{cfs} = \frac{QV}{3600 \times RV} \dots\dots\dots (2)$$

FACTOR DE CARGA DEL VAPOR (V_{load}).-Este factor está definido como:

$$V_{load} = V_{cfs} \times \left[\frac{RV}{RL - RV} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

AREA ACTIVA (AA).- El área activa o de burbujeo es el área encerrada por las paredes de la columna, el (los) derramadero (s) de salida y el (los) borde (s) a la entrada del plato. Es el área disponible para realizar el contacto líquido-vapor mediante los dispositivos de contacto.

Basado en el método para platos de balastro mostrado en el manual Glitsch, el área activa puede ser calculada a partir de la ecuación:

$$AA = \frac{V_{load} + L_{gpm} * (FPL / 1083)}{CAF_{\emptyset} * SF * FF} \dots\dots\dots (4)$$

donde la gráfica para el factor de capacidad (CAF_{\emptyset}) esta correlacionada por las siguientes ecuaciones:

$$CAF_{\emptyset} = \text{menor de } \begin{cases} (TS)^{0.65} * (RV)^{0.167} / 12 \dots\dots\dots (5) \\ 0.3174 + 0.04122 * (TS - 12)^{0.483} - \\ (10^{-6} * RV * (245 + 661 * TS)) \dots\dots (6) \\ 0.595 - 0.0596 * RV \dots\dots\dots (7) \end{cases}$$

Mientras que, del manual de Koch y del procedimiento de estimación para el area activa del plato, la gráfica del factor de capacidad y las tablas de espaciamento de platos se derivan las siguientes correlaciones:

$$AA = \frac{V_{load}}{CAF_{\emptyset} * SF * FF} \dots\dots\dots (8)$$

donde:

$$CAF_{\emptyset} = \text{menor de } \begin{cases} 0.1667 + (TS / 82.3) \dots\dots\dots (9) \\ CB * (TS)^{CC} * \left[0.553 - \frac{L_{gpm}}{479 * WL * FF * CB * (TS)^{CC}} \right] \dots\dots (10) \end{cases}$$

y

$$CB = \begin{cases} 0.153 \text{ para } RV \leq 1.5 \\ 0.172 \text{ para } RV > 1.5 \end{cases} \dots\dots\dots (11)$$

$$CC = \begin{cases} 0.587 & \text{para } RV \leq 1.5 \\ 0.546 & \text{para } RV > 1.5 \end{cases} \dots\dots\dots (12)$$

Debido a que al principio del diseño no se cuenta con la geometría del plato, no se pueden emplear las ecuaciones anteriores por lo que, es necesario emplear la correlación de Fair que, para estimar el área activa ocupa un parámetro de flujo (FLV) en vez del factor de carga del vapor (V_{load}). Este parámetro de flujo toma en cuenta los efectos de la energía cinética líquido-vapor y está definido por las siguiente ecuación:

$$FLV = \frac{L_{qpm}}{448.8 * V_{cfs}} * \sqrt{(RL / RV)} \dots\dots\dots (13)$$

y el factor de capacidad CAF_0 se obtiene de la siguiente ecuación, que está basada en la gráfica de inundación-capacidad de Fair:

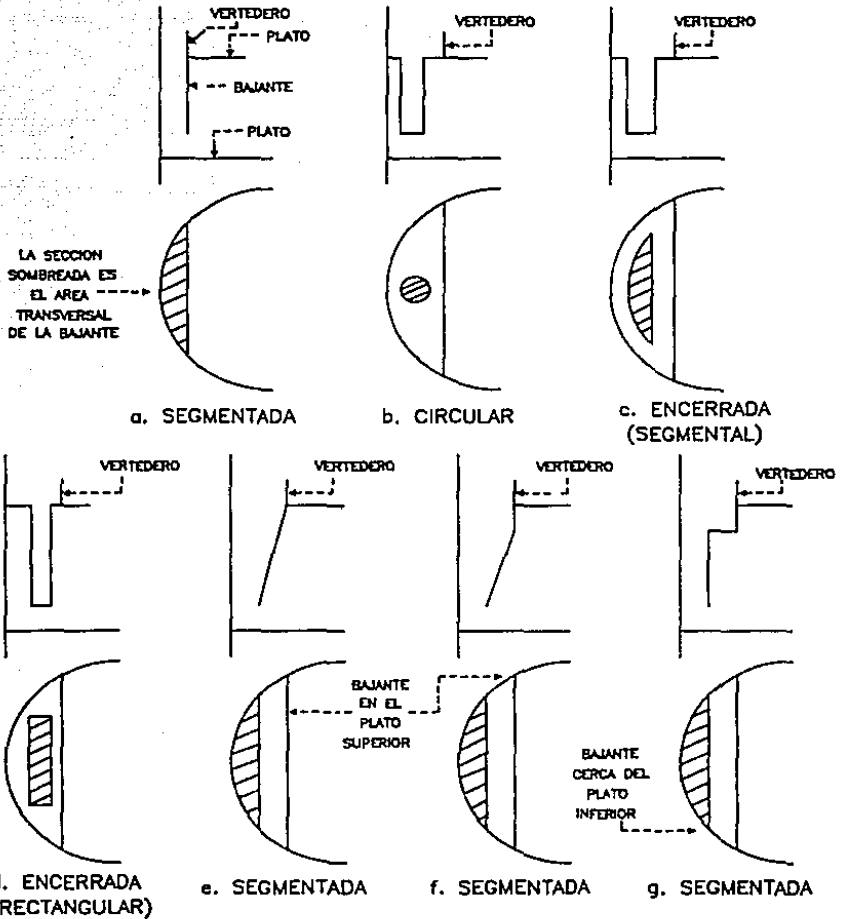
$$CAF_0 \text{ menor de } \begin{cases} 0.118 \exp(0.0479 * TS) \dots\dots\dots (14) \\ .425 \exp(.0479 * TS) * (.1092 - .058 \ln(FLV)) \dots\dots\dots (15) \end{cases}$$

como puede verse el Área activa calculada por el método de Fair es independiente del número de pasos del plato.

AREA DE BAJANTES.—El área de bajantes o vertederos es la superficie del plato ocupada por los conductos a través de los cuales el líquido desciende hacia el plato inmediato inferior, es decir, es el área a la entrada (parte superior de las bajantes). Las bajantes son diseñadas para proporcionar una adecuada capacidad de manejo de líquido para la columna de destilación y al mismo tiempo ocupar un mínimo del área transversal del plato a fin de que el área activa del plato sea máxima.

Los vertederos o bajantes pueden ser circulares, segmentadas o rectangulares, diferentes modelos de ellos se muestran en la figura 3.1. Las principales diferencias

FIGURA 3.1
 MODELOS DE BAJANTES



entre ellas son las áreas de la sección transversal y la inclinación o pendiente de la parte recta de la bajante conocida también como faldón de la bajante, que se extiende hacia abajo para el descenso del líquido.

El tipo de bajante más comunmente usado es la bajante vertical segmentada, este modelo es el más simple y económico, la coraza de la torre forma una de las paredes de la bajante y el líquido fluye hacia abajo a través del área existente entre el extremo del segmento del círculo y la pared de la columna. Este tipo de bajante es la que se propone para los platos perforados y los tipo Glitsch.

Las bajantes inclinadas figuras 3.1e y 3.1f se tratan más adelante en la parte correspondiente al área en el fondo de la bajante y son las que recomienda Koch.

Los otros tipos de bajantes no están consideradas dentro del programa, ya que las bajantes circulares se usan en caso de flujos de líquido extremadamente pequeños, como en el caso de columnas a escala en plantas piloto y las bajantes envueltas o encerradas se usan en aplicaciones con bajos flujos de líquido y donde se necesita satisfacer el criterio mínimo de ancho de la bajante, cuando el área segmental de la bajante se vuelve excesivo, como es el caso de los platos tipo cartucho. Las bajantes escalonadas presentan características similares a las inclinadas.

La capacidad de la bajante debe diseñarse para la máxima carga de líquido y debe proporcionarse el tiempo de residencia suficiente para llevar a cabo la separación total entre el vapor y el líquido, a fin de que éste se encuentre libre de vapor cuando entre al plato inferior, pues esto disminuye la eficiencia; además, una inadecuada eliminación de vapor en el vertedero podría causar el inundamiento de la bajante al aumentar excesivamente la altura de la espuma en su interior.

Para el dimensionamiento de la bajante existen dos criterios: uno es basar el dimensionamiento en el tiempo de residencia del líquido en la bajante y el otro es el criterio de la velocidad máxima permisible en la parte superior (a la entrada) de la bajante, así que al emplear bajantes inclinadas se restringe su parte inferior, sin que por ello se afecte la capacidad del vertedero. La limitación que tiene lo anterior es que, el área en la parte inferior de la bajante no debe ser menor al 50% de la existente en la parte superior. Este criterio de diseño es el que sigue Glitsch y Koch y es el que se tomó en el presente trabajo.

Las correlaciones de diseño recomendadas por el manual Glitsch para el cálculo de la velocidad en la bajante y el área de la bajante son las siguientes.

$$VD = \text{menor de } \begin{cases} 250 * SF & \dots\dots\dots (16) \\ 41 * SF * \sqrt{RL - RV} & \dots\dots\dots (17) \\ 7.5 * SF * \sqrt{TS * (RL - RV)} & \dots\dots (18) \end{cases}$$

y por tanto el área de bajantes queda:

$$AD = \text{mayor de } \begin{cases} AD' & \dots\dots\dots (19) \\ \text{menor de } \begin{cases} 2 * AD' & \dots\dots\dots (20) \\ 0.11 * AA & \dots\dots\dots (21) \end{cases} \end{cases}$$

donde:

$$AD' = \frac{L_{qpm}}{VD * FF} \dots\dots\dots (22)$$

Del método de dimensionamiento de la bajante y de la gráfica de velocidad dada en el manual de Koch, se derivaron las siguientes ecuaciones:

$$VD = \text{menor de } \begin{cases} 8.578 * TS' * SF & \dots\dots\dots (23) \\ 0.533 * TS' * (RL - RV) 0.82 * SF & \dots\dots (24) \end{cases}$$

donde:

$$TS' = \text{menor de } \begin{cases} TS & \dots\dots\dots (25) \\ 30 & \end{cases}$$

y por tanto :

$$AD = \frac{L_{qpm}}{VD * FF} \dots\dots\dots (26)$$

AREA EN EL FONDO DE LA BAJANTE.-Las bajantes inclinadas figuras 3.1e y 3.1f proporcionan el volumen suficiente para separar el liquido y el vapor en su parte superior sin desperdiciar el área activa del plato inferior. También se emplean cuando se requiere disponer de una mayor superficie para la colocación de válvulas o perforaciones. Estas bajantes son particularmente útiles cuando la separación del liquido y el vapor es difícil (sistemas espumantes o servicios a elevadas presiones) y cuando las bajantes ocupan una porción significativa en el área del plato (servicios con elevados flujos de liquido). Koch en su manual recomienda su empleo en todos los casos en que la separación entre platos excede de 15 in.

Suponiendo un desplazamiento en la parte inferior de la bajante de 1.5 pulg., la altura del cordón en las bajantes laterales inferiores queda:

$$H_{(sd)fondo} = H_{(sd)} - 1.5 \quad \dots\dots\dots (27)$$

con esta altura del cordón, se calcula el área en el fondo de la bajante por medio de la ec. (36).

Generalmente el área en el fondo de la bajante (AD_{fondo}) es al menos el 60% del área total en la parte superior (AD_{sup}) [área segmentada (AD) + área de relevo (A_{rvo})], pero puede llegar al 50% sin restringir la capacidad de la bajante, pero al mismo tiempo no debe ser menor del 85%, es decir:

$$0.60 < \frac{AD_{fondo}}{AD_{sup}} < 0.85 \quad \dots\dots\dots (28)$$

en caso contrario debe aumentarse o disminuirse el desplazamiento inferior de la bajante, ya que normalmente se le asigna un valor de 1.5 pulg.

AREA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA BAJANTE.-Es el área existente en la parte superior de la bajante y es igual al área segmentada más el área de relevo, esto es:

$$AD_{sup} = \frac{AD_{(sd)} + A_{rvo}}{NP - (0.916 + 0.0476 * NP)} \quad \dots\dots\dots (29)$$

AREA DE LA TORRE.-Es el área interna total de la sección de la columna. Cuando se usan bajantes rectas o cuando se usan bajantes inclinadas o escalonadas con áreas internas con depresión o charolas de sello, el área total está dada por:

$$AT = AA + 2 * AD \dots\dots\dots (30)$$

Glitsch propone que se calcule también el área total por medio de la siguiente ecuación y se escoja el valor mayor:

$$AT_{Glitsch} = \frac{V_{load}}{0.78 * CAF_{\phi} * FF} \dots\dots\dots (31)$$

DIAMETRO DE LA TORRE.-Es el diámetro interno de la columna, el cual puede ser calculado por la siguiente ecuación derivada del área de una circunferencia:

$$DT = \sqrt{(4 / \pi) * AT} \dots\dots\dots (32)$$

El diámetro así obtenido se redondea a la pulgada próxima superior.

LONGITUD DEL VERTEDERO.-Es la distancia total del vertedero o derramadero por donde sale el líquido hacia el plato inmediato inferior.

Si se supone, que las bajantes interiores tienen esquinas rectangulares y que pueden ser puestas en posiciones donde dividan al plato en longitudes de trayectoria de flujo iguales, la siguiente ecuación puede utilizarse para obtener una buena aproximación de la longitud del vertedero del plato:

$$WL = WL_{(sd)} + DT * (NP - 1) * 0.946 \dots\dots\dots (33)$$

donde la longitud del vertedero lateral [WL_(sd)] puede estimarse a partir de la ecuación:

$$WL_{(sd)} = 2 * \sqrt{H_{(sd)} * (DT - H_{(sd)})} \dots\dots (34)$$

El área total de la bajante se distribuye entre el área de las bajantes: lateral AD1, central AD3, fuera de centro AD5 y fuera de lado AD7 en platos multipasos en proporción a la fracción del área activa surtida a cada una. (ver figura 3.2).

Basado en este principio, se deriva la siguiente ecuación para estimar el área de la bajante lateral como una función del área total de la bajante y el número de pasos de flujo:

$$AD_{(sd)} = AD * (NP) - (0.916 + 0.0476 * NP) \dots (35)$$

La altura del cordón en la bajante lateral se calcula entonces, resolviendo numéricamente la siguiente ecuación no lineal:

$$\frac{AD_{(sd)}}{AT} = \frac{1 * (\cos^{-1}(1 - 2 * hd) - 2 * (1 - 2 * hd) * J * hd * (1 - hd))}{\pi} \dots (36)$$

donde hd es la relación $H_{(sd)} / DT$.

En el programa se utiliza el algoritmo de Newton-Raphson para resolverla (ver anexo A).

Koch en su manual propone utilizar derramaderos de relevo cuando la carga sobre el vertedero excede de 60 gpm/ft de derramadero recto. El vertedero de relevo se construye sobre la placa del plato y encierra un área del plato sin válvulas entre el vertedero y la bajante segmentada. Esto es un medio para incrementar la longitud del vertedero y obtener un flujo de líquido mas uniforme sobre el plato. Un arreglo típico de un vertedero de relevo, así como los parámetros necesarios se encuentra mostrado en la figura 3.3.

El área del plato encerrada para el derramadero de relevo es usualmente del 15 al 25% del área total de la bajante, pero para propósitos de dimensionamiento se considera como área efectiva de la bajante hasta un 25% del total, por lo cual tenemos que:

$$AED = 0.75 * AD_{(sd)} \dots (37)$$

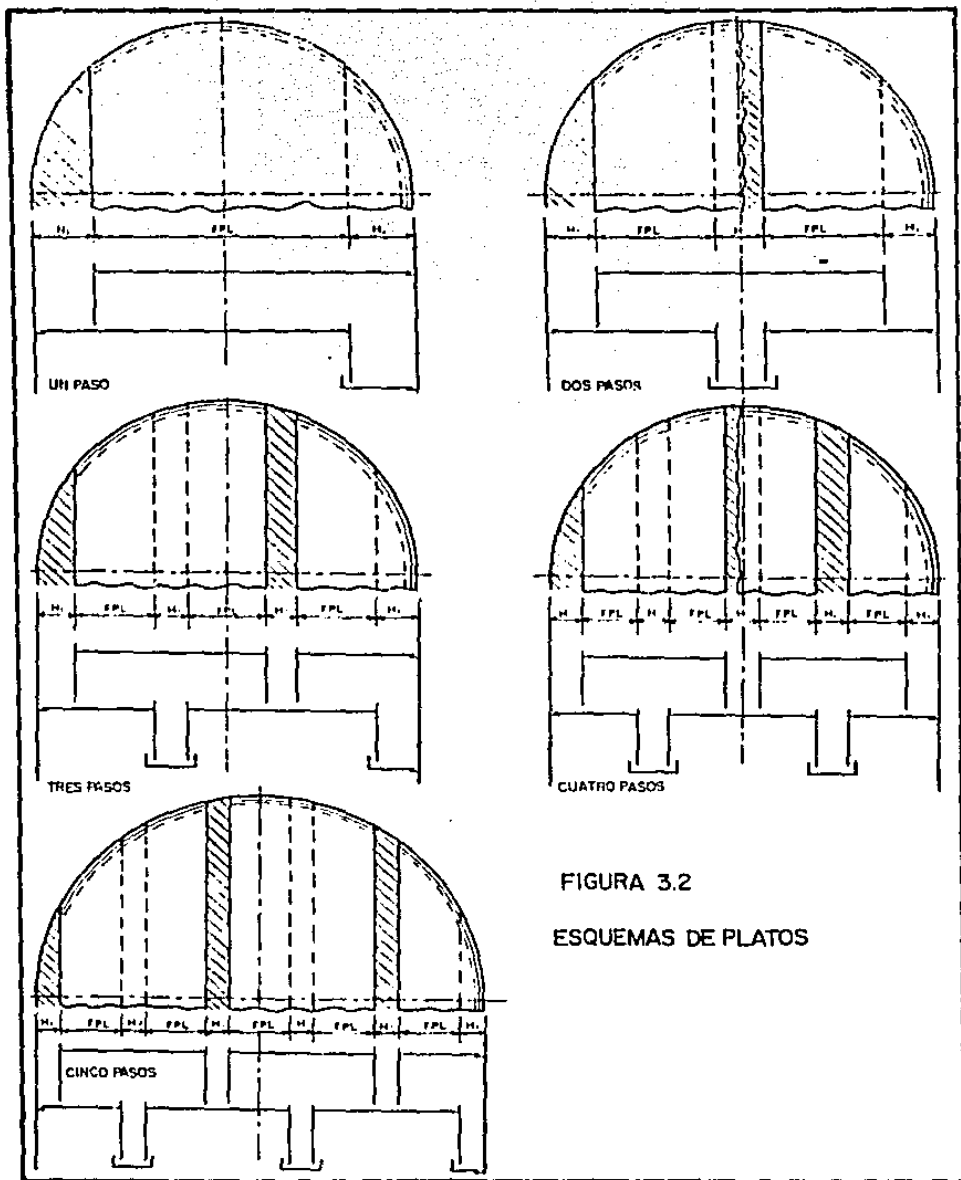
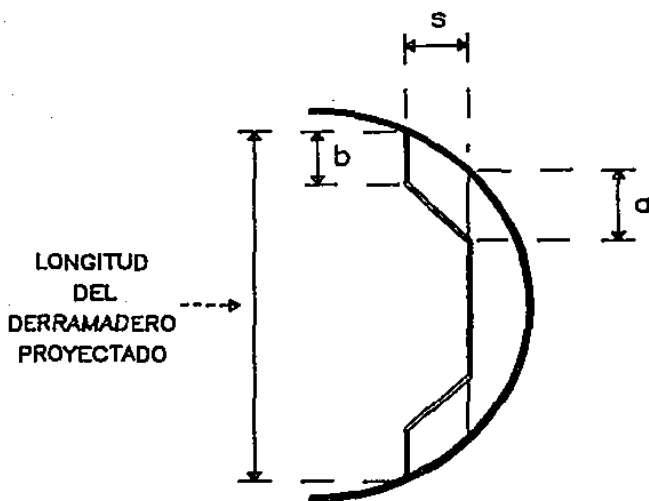


FIGURA 3.3
ARREGLO TÍPICO DE UN VERTEDERO DE RELEVO



TORRES DE
4 a 12 PULG.

$s = 7 \text{ a } 14 \text{ in}$
 $a = 6 \text{ a } 12 \text{ in}$
 $b = 4 \text{ a } 7 \text{ in}$

TORRES MAYORES
DE 12 PULGADAS

$s = 14 \text{ a } 21 \text{ in}$
 $a = 12 \text{ a } 18 \text{ in}$
 $b = 7 \text{ a } 10 \text{ in}$

y el área requerida de relevo queda definida como :

$$A_{rvo} = AD(s_d) - AED \dots\dots\dots (38)$$

por lo que, deben seleccionarse los valores mínimos de s, a y b de acuerdo con el rango mostrado en la figura 3.3, para que al sustituir éstos valores en la siguiente ecuación se obtenga un valor que sea lo más parecido al área de relevo obtenida mediante el uso de la ecuación anterior:

$$A_{rvo} = \frac{s * (a + b)}{144} \dots\dots\dots (39)$$

LONGITUD DE LA TRAYECTORIA DE FLUJO.-Es la distancia que recorre el líquido desde el punto de entrada al plato en la bajante, hasta el derramadero de salida. Este es un factor importante en la determinación del gradiente de concentración a lo largo del plato.

Suponiendo como en el cálculo de la longitud del vertedero que las bajantes interiores tienen esquinas rectangulares y que pueden ser puestas en posiciones donde dividan al plato en longitudes de trayectoria de flujo iguales, puede utilizarse la siguiente ecuación para obtener una buena aproximación de la longitud de la trayectoria de flujo (FPL):

$$FPL = \frac{DT - 2 * H(s_d) - 2 * \left[\frac{AD}{AT} \right] * (NP - 1) * 0.054 * \left[\frac{1 - AD(s_d)}{AD} \right]}{NP} \dots\dots (40)$$

ANCHURA DE LA TRAYECTORIA DE FLUJO.-Se define como el promedio de la distancia de pared a pared en los puntos de entrada, centro y salida del área activa o de burbujeo de un plato. Este ancho promedio puede calcularse como una función del área activa del plato y de la longitud de la trayectoria de flujo por medio de la siguiente ecuación. La capacidad del vapor y la flexibilidad disminuyen conforme se incrementa la carga del líquido por pie de anchura promedio.

$$WFP = \frac{AA}{FPL} \dots\dots\dots (41)$$

NUMERO DE PASOS DE FLUJO.- Es el número de trayectorias de flujo que seguirá el líquido al pasar sobre la superficie de éste (ver figura 3.2).

Así tenemos por ejemplo que en un plato de dos pasos, el líquido fluirá en dos direcciones hacia la o las bajantes que le conducirán al plato inferior.

En general, cuando se emplean platos multipasos, se tienen torres de menor diámetro, pero el área activa decrece conforme se incrementa el número de pasos y con ella la eficiencia; ya que habrá menos superficie para el contacto entre las fases, el número de válvulas que pueden colocarse será menor y además, los platos de muchos pasos requerirán de mas internos, tinas o charolas, interconexiones, etc., por lo cual se tendrán menores facilidades para el mantenimiento. Sin embargo para platos de gran diámetro, un plato multipasos puede ser mas eficiente que uno de un solo paso debido a que éste tenderá a formar canalizaciones del flujo del líquido dejando inactivas algunas zonas del plato; por lo tanto, para platos muy grandes se recomiendan multipasos, excepto para servicios a vacío pues pueden ocasionar una mayor caída de presión que los platos de un paso a causa de que tendrán una menor área abierta y una mayor caída de presión de plato seco.

En los platos multipasos, el área activa de cada uno de los pasos debe ser la misma para que a través de ellos fluya la misma cantidad de vapor. Además, deberá ajustarse la longitud de los derramaderos de salida para que sobre ellos pase la misma cantidad de líquido.

Los platos mas comunmente usados son los de uno y dos pasos. Los platos con un mayor número de pasos se emplean para manejar elevadas relaciones L/V y en torres de diámetros grandes.

El número de pasos del plato afecta la longitud del vertedero de salida del plato y por lo tanto su carga de líquido. Para un plato determinado, el número de pasos de flujo deberá incrementarse para mantener la carga del líquido sobre el derramadero dentro de los siguientes límites de diseño:

demasiado bajos se tendrá una columna sobrada y resultará antieconómica su construcción.

INUNDACION EN EL PLATO.—Para el cálculo del factor de inundación en el plato por el método de Glitsch pueden utilizarse las siguientes ecuaciones:

$$F_{ip} = \frac{V_{load} + L_{gpm} * (FPL / 1083)}{AA * CAF_{\emptyset}} \dots\dots\dots(45)$$

Si $\frac{L_{gpm}}{WL * 12} < 0.5$ se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{ip} = \frac{V_{load}}{0.78 * AT * CAF_{\emptyset}} \dots\dots\dots(46)$$

el mayor valor aplica.

Mientras que Koch recomienda la siguiente ecuación para el cálculo del factor de inundación:

$$F_{ip} = \frac{1}{0.51 * TSF * SF} * \left[PCS_{netos} + 0.001327 * \frac{L_{gpm}}{LD_{proy}} \right] \dots\dots(47)$$

donde los factores de espaciamento de platos (TSF) pueden obtenerse de la tabla 3.1, conociendo el espaciamento entre platos y la densidad del vapor. Los PCS_{netos} pueden calcularse por medio de la ec.(122).

TABLA 3.1
FACTOR DE ESPACIAMIENTO (TSF)

ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS in	DENSIDAD DEL VAPOR $\leq 1.5 \text{ lb/ft}^3$	DENSIDAD DEL VAPOR $> 1.5 \text{ lb/ft}^3$
12	0.650	0.650
15	0.750	0.750
18	0.840	0.840
21	0.920	0.920
24	1.000	1.000
27	1.073	1.060
30	1.142	1.120
36	1.220	1.150

La longitud del derramadero proyectado $L_{D\text{proy}}$ en el caso de un derramadero recto es igual que la longitud del derramadero recto. Para un derramadero de relevo, la longitud proyectada, es la de la cuerda que pasa por los puntos del derramadero mas alejado de la bajante, tal como se muestra en la figura 3.3, esto es:

$$H_{\text{proy}} = H(\text{sd}) + s \dots\dots\dots (48)$$

con esta longitud y aplicando la ec. (34) para el cálculo de la longitud del vertedero de la bajante lateral queda:

$$W_{L\text{proy}} = 2 * \sqrt{H_{\text{proy}} * (DT - H_{\text{proy}})} \dots\dots (49)$$

$$LD_{\text{proy}} = DT * (NP - 1) 0.946 + WL_{\text{proy}} \quad \dots\dots (50)$$

y con esto se calcula la carga sobre el derramadero proyectado.

INUNDACION EN LA BAJANTE. - Para el cálculo del factor de inundación para la carga de líquido en la bajante por el método de Glitsch puede utilizarse la ecuación:

$$FI_D = \frac{L_{\text{qpm}}}{VD * AD} \quad \dots\dots\dots (51)$$

mientras que, por el método de Koch, se recomienda la siguiente ecuación para calcular el inundamiento causado por el líquido:

$$FI_D = \frac{0.85 * AD}{AD_{\text{sup}}} \quad \dots\dots\dots (52)$$

En un plato bien diseñado, los factores de inundación en el plato y en la bajante deben ser similares. La excepción son los servicios a vacío, en los cuales el flujo de líquido es muy pequeño comparado con el de vapor, en éstos casos no es posible tener un diseño balanceado y basta con checar que el factor de inundación en el plato no exceda los límites recomendados.

Si, los porcentajes de inundación no están balanceados y son muy diferentes:

$$\left| \frac{FI_p - FI_D}{FI_p} \right| > 10\% \text{ o un } 15\% \quad \dots\dots\dots (53)$$

es necesario corregir el área de la columna y el área de las bajantes mediante las relaciones:

$$DT_{\text{nuevo}} = \sqrt{DT^2 * \frac{FI_p}{FF}} \dots\dots\dots (54)$$

$$AD_{\text{nuevo}} = AD * \frac{FI_d}{FF} \dots\dots\dots (55)$$

con éstos valores nuevos de diámetro de la torre y área de las bajantes, se calculan de nuevo todos los parámetros del plato hasta tener balanceadas las ecuaciones. En caso de no poder balancearlas después de varios intentos, pueden emplearse las siguientes ecuaciones:

$$FI_A = \frac{FI_d + FI_p}{2} \dots\dots\dots (56)$$

Si $FI_p > FI_d$ entonces $AD_{\text{nuevo}} = AD * \frac{FI_A}{FF} \dots\dots\dots (57)$

o si $FI_d > FI_p$ entonces $AD_{\text{nuevo}} = AD * \frac{FI_A}{FF} \dots\dots\dots (58)$

3.2 CORRELACIONES PARA EL DISEÑO DEL PLATO

Para poder obtener el diseño hidráulico de un plato, deben calcularse varios parámetros como son: la caída de presión, la carga del líquido sobre el plato y la altura del líquido en las bajantes y sobre el vertedero. A continuación se describen las ecuaciones necesarias para poder calcular los parámetros antes mencionados.

CAIDA DE PRESION.-Las pérdidas de presión que sufren tanto el líquido como el vapor en una columna de platos, se deben principalmente a las siguientes causas:

- Pérdidas por fricción causadas por el flujo de líquido a través de la bajante y del claro bajo esta cuando desciende al plato inferior.
- Pérdidas inerciales causadas por el cambio de dirección del líquido en el plato y al salir de la bajante.
- Pérdidas por contracción y expansión en las bajantes, si éstas no tienen una sección transversal uniforme.
- Pérdidas por formación de remolinos alrededor de las válvulas y en el derramadero de salida al chocar el líquido contra ellas.
- Pérdidas por fricción y remolinos en las paredes de la columna.

mientras que, el vapor sufre las siguientes pérdidas:

- Pérdidas por contracción al pasar el vapor del espacio inferior del plato al área abierta de la válvula.
- Pérdidas por expansión del vapor al pasar bajo el borde de las válvulas.
- Pérdidas por formación de remolinos y por fricción causadas por el cambio de dirección del vapor bajo el disco de la válvula.
- Pérdidas por expansión causadas por el vapor que fluye a través de las perforaciones.

- Pérdidas por energía del vapor para vencer la carga del líquido sobre los orificios o de las válvulas.
- Pérdidas por energía debido a la formación de burbujas y al ascender a través del líquido.
- Pérdidas por energía del vapor debido a la carga de espuma sobre éste.
- Pérdidas por energía para vencer el peso de la válvula y poder elevarla hasta su máxima abertura.

En términos de operación de columna éstas pérdidas son evidentes como caída de presión a través del plato y de la columna, las cuáles pueden resultar en gradientes anormales de temperatura de plato a plato en toda la columna y como acumulación de líquido en las bajantes, la cual puede volverse suficientemente grande como para causar inundación. A causa de la importancia de uno o varios de éstos efectos en la operación de la columna, es necesario, si es posible, evaluar su alcance cuantitativamente a partir de consideraciones del diseño, de la operación y de variables del sistema.

Aunque se reconoce que las pérdidas anteriormente descritas existen en una columna en operación, no todas ellas pueden ser calculadas y algunas de las contribuciones a la caída de presión total son tan pequeñas e insignificantes que al despreciarse no introducirán un error serio.

La descripción de las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la caída de presión de los diferentes dispositivos de contacto se tratara por separado, ya que, cada uno toma en cuenta diferentes correlaciones y factores para su evaluación.

3.2.1 CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION PARA PLATOS PERFORADOS

PERDIDA DE PRESION DEBIDA A LA TENSION SUPERFICIAL.-Las pérdidas por tensión superficial se definen como la presión necesaria para formar una burbuja de vapor a través del agujero del plato y está dado por:

$$H_S = \frac{0.04 * \sigma}{R_L * D_H} \dots\dots\dots (59)$$

PERDIDA DE PRESION DEBIDO A LA ALTURA EFECTIVA DE LIQUIDO EN EL PLATO O ALTURA CLARA DE LIQUIDO.-Es una estimación de la caída de presión que tendría el vapor si, cruzara una capa de liquido en vez de una de espuma. Para estimarlo se emplea el factor de aereación, el cual se utiliza en la determinación de la carga perdida por el vapor en su paso a través de la masa aereada existente sobre el plato.

Fair correlacionó las pérdidas de liquido efectivo con el sello del liquido en operación a la salida del vertedero del plato ($H_w + H_{ow}$) por medio de un factor de aereación (β), como sigue:

$$H_{LFAIR} = \beta * (H_w + H_{ow}) \dots\dots\dots (60)$$

El factor β es estimado como una función de un parámetro de energía cinética del vapor (FS):

$$FS = \frac{V_{cfs}}{AA} * (RV)^{0.5} \dots\dots\dots (61)$$

por medio de una gráfica, de la cual se derivó la siguiente ecuación.

$$\beta = 0.977 - 0.619 * FS + 0.341 * FS^2 - 0.0636 * FS^3 \dots (62)$$

Foss y Gerster recomendaron la siguiente ecuación para estimar la altura de liquido claro:

$$HL_{FOSS} = 0.24 + 0.725 * H_w - 0.29 * H_w * \frac{V_{cfs} * J}{AA} \sqrt{RV} + 0.01 * \frac{L_{gpm}}{WFP} \quad . (63)$$

Hughmark y O'Connell presentaron dos curvas relacionando las pérdidas de liquido efectivo con el sello de operación a la salida del vertedero, una para cargas de vapor altas y otra para cargas de vapor bajas.

De esas gráficas se derivaron las siguientes relaciones:

para $FS \geq 1.4$, donde FS está definida en ec. (61):

$$HL_{HUGMARK} = 0.377 + 0.955 * (H_w + H_{ow}) - 0.221 * (H_w + H_{ow})^2 + 0.024 * (H_w + H_{ow})^3 - H_S \quad \dots \dots \dots (64)$$

y para $FS < 1.4$:

$$HL_{HUGMARK} = 0.374 + 1.12 * (H_w + H_{ow}) - 0.266 * (H_w + H_{ow})^2 + 0.027 * (H_w + H_{ow})^3 - H_S \quad \dots \dots \dots (65)$$

Las correlaciones de Fair y Foss y Gerster dan resultados similares, mientras que, la de Hughmark y O'Connell da resultados ligeramente mayores, el menor valor obtenido por las tres ecuaciones es escogido:

$$HL = \text{menor de } \left\{ \begin{array}{l} HL_{FAIR} \\ HL_{FOSS} \quad \dots \dots \dots (66) \\ HL_{HUGMARK} \end{array} \right.$$

ALTURA DE LA CRESTA DE LIQUIDO SOBRE EL DERRAMADERO. -La altura del liquido fluyendo sobre el derramadero, es función del flujo del liquido, de la longitud del derramadero y del diámetro de la columna. Esta puede estimarse por medio de la ecuación de Francis:

$$How = 0.092 * F * (L_{gpm} / WL)^{2/3} \dots\dots\dots (67)$$

donde el factor de corrección por construcción del vertedero (F) para platos multipasos puede tomarse como uno, mientras que para platos de un paso, puede ser calculado por medio de la relación de Bolles, resolviéndola numéricamente para F. Para poder resolverla se utiliza el algoritmo de Newton-Raphson (ver Anexo A).

$$\frac{(L_{gpm})^{2/3}}{(WL)^{5/3}} = \frac{61.45 * \sqrt{1 - WD^2 / F^3} - \sqrt{1 - WD^2}}{WD * F} \dots\dots (68)$$

donde $WD = WL / DT$

CALCULO DE LA CARGA PERDIDA BAJO LA BAJANTE.-El liquido al pasar bajo la bajante pierde carga a causa de la restricción existente entre el faldón y la superficie del plato. La carga perdida puede calcularse por medio de la ecuación:

$$HUD = 0.558 * \left[\frac{L_{gpm}}{448.8 * AUD} \right]^2 \dots\dots\dots (69)$$

la práctica durante la construcción normal de un plato da aproximadamente:

$$AUD = 0.42 * AD \dots\dots\dots (70)$$

AREA PERFORADA DEL PLATO.- La determinación del área perforada del plato afecta la flexibilidad operacional del plato por medio de la caída de presión de plato seco. Una reducción en el área del orificio reduce el punto de goteo y hasta cierto punto, incrementa la relación de flexibilidad. Mas allá de este punto, sin embargo, esto puede causar una prematura inundación debido a acumulación de liquido en la bajante y/o una indeseable alta caída de presión del plato. El objetivo es encontrar el rango del área del orificio que

asegurará unas características de operación satisfactorias y la flexibilidad de operación requerida.

Si asumimos que, $AH_{m\acute{a}x} \geq AH_{m\acute{i}n}$, como calculados por ecuación (79) y (84). Entonces, esto nos dá el límite máximo y mínimo del área perforada de diseño, ésto es:

$$AH_{m\acute{i}n} \leq AH \leq AH_{m\acute{a}x} \dots\dots\dots (71)$$

En esta región, el factor de goteo del plato es igual o mejor que el valor de diseño; la bajante no se inundará prematuramente y la caída de presión máxima no excederá la máxima especificada.

Si, $AH_{m\acute{a}x} < AH_{m\acute{i}n}$ entonces:

$$AH = AH_{m\acute{a}x} \dots\dots\dots (72)$$

a fin de que el plato no gotee prematuramente.

En la ec. (84), puede verse que AH_{acum} o $AH_{CPm\acute{a}x}$ o ambas son mayores que $AH_{m\acute{a}x}$, lo cual significa que la caída de presión generada por el área perforada $AH_{m\acute{a}x}$ es mayor que la que la bajante puede contrarestar. A menos que el espaciamiento sea incrementado, el plato se inundará prematuramente por acumulación de líquido en la bajante, lo que quiere decir que la caída de presión generada por el área perforada $AH_{m\acute{a}x}$ a las condiciones de operación excede la caída de presión máxima especificada $CP_{m\acute{a}x}$.

Para remediar ésta situación, se puede reducir la altura del vertedero y/o incrementar el factor de goteo, las cuales son decisiones externas. Para un problema dado lo mejor que puede hacerse es incrementar el espaciamiento entre platos para que el plato no se inunde por acumulación de líquido en la bajante, mientras se diseña el plato para dar una caída de presión mínima.

Si el área perforada cumple con la ec. (71), el plato está diseñado con el área perforada mínima permisible para una máxima flexibilidad de operación y el área perforada queda definida como:

$$AH = \text{menor de } \begin{cases} AH_{\min} \\ AH_{\max} \end{cases} \dots\dots\dots (73)$$

En caso contrario:

$$AH = AH_{\max} \dots\dots\dots (74)$$

para que la deseada flexibilidad de operación sea mantenida, mientras se ajusta el espaciamento entre platos, si es necesario.

AREA MAXIMA PERFORADA.-Las operaciones con cargas de vapor por abajo del punto de goteo no son predecibles. Por consiguiente, el punto de goteo se considera el límite inferior de diseño de un plato dado y el punto de inundación es el límite superior.

Basado en esto, Economopoulos propone la siguiente ecuación para obtener el área máxima permisible del orificio que mantendrá al plato arriba del punto de inundación con el gasto mínimo de vapor de diseño.

$$Ah'_{\max} = \frac{Fw + V_{cfs}}{\left[\left[\frac{Fw + V_{cfs}}{AA} \right]^2 + 5.38 * C_0^2 * \frac{RL * (ht_{\min} - HL - HS)}{RV} \right]^{1/2}} \dots\dots\dots (75)$$

donde la mínima caída de presión requerida para mantener las condiciones de operación en el punto de goteo ht_{\min} puede calcularse por medio de las siguientes ecuaciones, donde el mayor valor aplica:

$$ht_{\min}(A) = HL + 0.35 * (Hw + How)^{0.573} \dots\dots\dots (76)$$

$$ht_{\min(B)} = -0.967 + 0.238 * C_0^2 * RL * \dots\dots (77)$$

$$\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.48 * (3.26 + 3.37 * (HL + HS))}{C_0^2 * RL}} \right]$$

donde el coeficiente de descarga del vapor C_0 puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$C_0 = \frac{880.6 - 67.7 * \left[\frac{DH}{TD} \right] + 7.32 * \left[\frac{DH}{TD} \right]^2 - 0.036 * \left[\frac{DH}{TD} \right]^3}{1000} \dots\dots (78)$$

Debido a la estabilidad hidráulica del plato, el área perforada del plato no deberá exceder del 15% del área activa del plato, aunque lo permita la ec. (71), por lo que:

$$A_{H_{\max}} = \text{menor de} \begin{cases} A_{H_{\max}} \\ 0.15 * AA \end{cases} \dots\dots\dots (79)$$

AREA MINIMA PERFORADA.—La acumulación de líquido en la bajante se incrementa con la caída de presión hasta que toda la bajante se llena con espuma. Además, un incremento en la caída de presión en el plato puede ocasionar inundación del plato, porque la bajante es incapaz de manejar el líquido derramado.

Basado en esto Economopoulos propone las siguientes ecuaciones para el cálculo del área mínima perforada:

El área mínima perforada para la máxima caída de presión que no cause acumulación de líquido en la bajante, puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$A_{H_{\text{acum}}} = \frac{V_{cfs} / FF}{\left[\frac{V_{cfs}}{FF * AA} \right]^2 + 5.38 * C_0^2 * RL * (HT_{\text{acum}} - HL - HS) / RV} \dots\dots (80)$$

donde el máximo valor de la caída de presión originada por inundación debida a la acumulación de líquido en la bajante HT_{acum} está dada por:

$$HT_{acum} = \left[0.5 \cdot TS - 0.5 \cdot H_w - \frac{H_{ow}}{FF^{2/3}} \right] \cdot \left[\frac{RL - RV}{RL} \right] - \frac{H_{UD}}{FF^2} \dots (B1)$$

El área mínima perforada para la máxima caída de presión permisible a las condiciones de diseño puede calcularse como:

$$AH_{CPm\acute{a}x} = \frac{V_{cfs}}{\left[\frac{V_{cfs}}{AA} \right]^2 + 5.38 \cdot C_0^2 \cdot RL \cdot (HT_{CPm\acute{a}x} - HL - HS)} \cdot \frac{RV}{RL} \dots (B2)$$

Dado que a menudo tiene que especificarse una caída de presión máxima permisible a través de cada plato, especialmente en torres operando a baja presión o equipadas con muchos platos, es necesario calcular la máxima caída de presión aceptable HT_{CPmáx}, la cual está especificada como:

$$HT_{CPm\acute{a}x} = \frac{1728}{RL} \cdot CP_{m\acute{a}x} \dots (B3)$$

El área mínima perforada permisible que no cause acumulación de líquido en la bajante o una excesiva caída de presión en el plato es entonces:

$$AH_{min} = \text{mayor de } \begin{cases} AH_{acum} \\ AH_{CPm\acute{a}x} \dots (B4) \\ 0.05 \cdot AA \end{cases}$$

Para una operación estable, el área perforada en la ec. (B4), no deberá ser menor del 5% del área activa, aunque las ecs. (B0) y (B2) permitan un valor menor.

CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO. - La caída de presión de plato seco, es la sufrida por el vapor, al pasar a través de un plato, cuando sobre este no hay líquido. Existen varias ecuaciones en la literatura para estimarla, las cuales se mencionan a continuación.

Hughmark y O'Connell proponen la ecuación del orificio para estimar la caída de presión de plato seco:

$$HD_{\text{HUGHMARK}} = \frac{0.186}{C_0^2} * \left[\frac{V_{cfs}}{AH} \right] * \frac{RV}{RL} * \left[1 - \left[\frac{AH}{AA} \right]^2 \right] \dots (85)$$

donde el coeficiente del orificio C_0 puede ser calculado por medio de la ec. (76)

Hunt presenta la siguiente fórmula:

$$HD_{\text{HUNT}} = 0.186 * C_1 * \left[\frac{V_{cfs}}{AH} \right]^2 * \frac{RV}{RL} * \left[0.5 - 0.4 * \frac{AH}{AA} + 4 * \right. \\ \left. f * \frac{TD}{DH} + \left[1 + \frac{AH}{AA} \right]^2 \right] \dots (86)$$

donde el factor de fricción de Fanning puede considerarse como 0.01 y el coeficiente del orificio C_1 puede calcularse como:

$$C_1 = 1.09 * \left[\frac{DH}{TD} \right]^{0.25} \dots (87)$$

$$\text{para } 0.5 \leq \frac{DH}{TD} \leq 5 \dots (88)$$

Leibson usa la ecuación del orificio de la forma:

$$HD_{\text{LEIBSON}} = \frac{0.186}{C_2^2} * \left[\frac{V_{cfs}}{AH} \right]^2 * \frac{RV}{RL} \dots (89)$$

donde el coeficiente del orificio puede calcularse como:

$$C_2 = \left[0.836 + 0.273 * \frac{TD}{DF} \right] * \left[0.674 + 0.717 * \frac{AH}{AA} \right] \dots (90)$$

Por lo tanto la caída de presión de plato seco será:

$$HD = \text{menor de} \begin{cases} HD_{HUGMARK} \\ HD_{HUNT} \dots \dots \dots (91) \\ HD_{LEIBSON} \end{cases}$$

PERDIDAS DE PRESION DE VAPOR A TRAVES DEL PLATO.-La carga de líquido libre de vapor equivalente a la caída de presión sufrida por el vapor HT, es igual a la suma de la caída de presión de plato seco, de la altura efectiva de líquido sobre el plato y de las pérdidas de presión debido a la tensión superficial, esto es:

$$HT = HD + HL + HS \dots \dots \dots (92)$$

CAIDA DE PRESION TOTAL.-La caída de presión total CP_T a través del plato en unidades convencionales de presión, está relacionada con la carga de líquido total (pulgadas de líquido caliente), mediante la expresión:

$$CP_T = \frac{HT/12 * RL * q}{144 * q_c} \dots \dots \dots (93)$$

donde:

CP_T está dado en psi
 HT está en pulgadas de líquido caliente equivalente
 q aceleración de la gravedad = 32.17 pies/seg
 q_c factor de conversión = 32.17 lb-ft/lb_f seg²

sustituyendo estos valores en la ecuación anterior y simplificando queda:

$$CPT = HT * \frac{RL}{1728} \dots\dots\dots (94)$$

ALTURA DE LIQUIDO RETENIDO EN LA BAJANTE.-La retención de líquido en la bajante es una acumulación de líquido ocasionada por la oposición que presentan diferentes resistencias al líquido, en su descenso a lo largo de la columna y es igual a la altura de líquido inmediatamente a la salida de la bajante ($H_w + H_{ow}$) incrementada por las pérdidas de presión del líquido fluyendo bajo la bajante y la caída de presión total del plato:

$$HLD = H_w + H_{ow} + (HT + HUD) * \left[\frac{RL}{RL - RV} \right] \dots\dots\dots (95)$$

y por lo tanto el porcentaje de inundación en la bajante puede evaluarse como:

$$AL_{Baj} = \frac{HLD}{TS + H_w} \dots\dots\dots (96)$$

CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO.-La carga de líquido sobre el plato está relacionada con la altura efectiva del líquido en el área activa y en la bajante por:

$$U = (HL * AA + HLD * AD) * \frac{RL}{12} \dots\dots\dots (97)$$

3.2.2 CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION PARA PLATOS GLITSCH

La caída de presión de los platos de balastra es una función de los gastos de líquido y vapor; del número, tipo, densidad del material y espesor de la válvula y de la altura y la longitud del vertedero. A cargas de vapor bajas y moderadas, cuando las válvulas no están totalmente abiertas, la caída de presión es proporcional al peso de la válvula y es esencialmente independiente de la carga de vapor. A gastos de vapor suficientemente altos para abrir las válvulas totalmente, la caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad de vapor a través de los orificios.

CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO. - La caída de presión de plato seco es la sufrida por el vapor al pasar a través de un plato, cuando sobre éste no hay líquido. Esta puede calcularse por medio de las siguientes ecuaciones:

$$HD_a = 1.35 * TM * \frac{DM}{RL} + K_1 * VH^2 * \frac{RV}{RL} \dots\dots\dots (98)$$

$$HD_c = K_2 * VH^2 * \frac{RV}{RL} \dots\dots\dots (99)$$

donde:

$$HD = \text{mayor de} \begin{cases} HD_a \\ HD_c \end{cases} \dots\dots\dots (100)$$

si el valor mayor se obtiene por la ec.(98), las válvulas están parcialmente abiertas; si de la ec.(99), todas las válvulas están totalmente abiertas.

Los valores de los coeficientes de las ecuaciones K_1 y K_2 estan dados en las tablas 3.2, 3.3 mientras que, los espesores correspondientes a algunos calibres y las densidades de los metales mas comunmente usados se encuentran en las tablas 3.4 y 3.5 respectivamente.

TABLA 3.2
COEFICIENTES DE CAIDA DE PRESION

TIPO DE VALVULA	K1
V-1	0.2
V-4	0.1

TABLA 3.3
COEFICIENTES DE CAIDA DE PRESION

TIPO DE VALVULA	COEFICIENTES K2 PARA PLATOS CON ESPESOR DE :			
	0.074"	0.104"	0.134"	0.25"
V-1	1.05	0.92	0.82	0.58
V-4	0.50	0.92	0.50	n.d.

TABLA 3.4
EQUIVALENCIA DE ESPESORES

CALIBRE	PULGADAS
20	0.037
18	0.050
16	0.060
14	0.074
12	0.104
10	0.134

TABLA 3.5
DENSIDADES DE MATERIALES DE VALVULAS

METAL	DENSIDAD lb/ft ³
Acero al carbón	480
Acero inoxidable	510
Niquel	553
Monel	550
Titanio	283
Hastelloy	560
Aluminio	168
Cobre	560
Plomo	708

NUMERO APROXIMADO DE VALVULAS.—El número de unidades "Ballast" que pueden colocarse dentro del área activa, es el número de filas de válvulas multiplicado por el número promedio de válvulas por fila, corregido por las válvulas que no pueden acomodarse a causa de la entrada de hombre. Esto puede estimarse mediante las ecuaciones que se señalan a continuación:

Para columnas menores de 12 pies de diametro. combiene que los canales de soporte sean paralelos al flujo de liquido, por lo que:

$$N_{\text{filas}} = \left[\frac{FPL - 8.5}{0.5 * \text{Base}} + 1 \right] * NP \quad \dots\dots\dots (101)$$

$$N_{v/f} = \frac{WFP}{1.1.2 * NP} - 0.8 * (N_{\text{vigas}} + 1) \quad \dots\dots (102)$$

y finalmente el número de válvulas puede estimarse como:

$$N_{v\grave{a}lv} = N_{filas} * N_{v/f} \dots\dots\dots (103)$$

deben restarse 12 válvulas por paso por pérdidas debido a la entrada de hombre si, la longitud de la trayectoria de flujo es mayor que 43 in, esto es:

Si $FPL > 43$ in entonces:

$$N_{v\grave{a}lv} = N_{v\grave{a}lv} - 12 \dots\dots\dots (104)$$

y la Base, o sea el espaciamento entre válvulas es comunmente de 3, 3.5, 4, 4.5, y 6 puigadas.

Para columnas de diámetros mayores es necesario emplear además, una o varias vigas soporte que se colocan paralelas al flujo de líquido y los canales lo harán perpendicularmente. Las vigas soporte previenen la deflexión en el plato, bajo cargas que exceden los requerimientos especificados y los canales soportarán al personal de servicio para no dejar que el plato adquiriera una deformación permanente. Glitsch recomienda las siguientes ecuaciones:

$$N_{filas} = \left[\frac{FPL - 1.75 * N_{canales} - 6.0}{2.5} \right] * NP \dots\dots (105)$$

$$N_{v/f} = \left[\frac{WFP}{Base * NP} \right] - 2 * (N_{vigas} + 1) \dots\dots\dots (106)$$

El problema al aplicar estas ecuaciones, es el cálculo del número de vigas y de canales, ya que deben disenarse para que la deflexión del plato no exceda los límites permitidos de $\pm 1/8$ de pulg. en torres menores de 6 ft de diámetro o de $1/720$ del diámetro del plato en torres mayores. Sin embargo, el número de válvulas puede calcularse tomando en cuenta lo siguiente:

Si se usa una altura de 2.5 " para todas las bases y tomando un tamaño estandar de válvulas de $1 \ 7/8$ " y se calcula el número de válvulas que pueden acomodarse por ft² de área activa, se puede obtener la tabla 3.6:

TABLA 3.6
 NUMERO DE VALVULAS POR ft² DE AREA ACTIVA

Base	No. de Válvulas/ft ²
3	12 - 14
3.5	10 - 12
4	10 - 12
4.5	8 - 10
6	6 - 8

En el programa se ocupan los valores mínimos, ya que los canales y las vigas ocupan un área destinada para las válvulas.

$$N_{\text{válv}} = N_{\text{v/ft}^2} * AA \quad \dots\dots\dots (107)$$

Además, deben restarse 6 unidades por la entrada de hombre, si FPL > 43 pulg., esto es:

$$N_{\text{válv}} = N_{\text{válv}} - 6 \quad \dots\dots\dots (108)$$

ya que no puede haber fracciones en el número de válvulas, el número de éstas se redondea al siguiente entero.

AREA PERFORADA. - Es el área usada en el cálculo de la velocidad a través de las perforaciones, necesaria en las ecs. (98) y (99) y puede estimarse como:

$$AH = \frac{N_{\text{válv}}}{78.5} \quad \dots\dots\dots (109)$$

y la velocidad a través de las perforaciones puede calcularse de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VH = \frac{V_{cfs}}{AH} \dots\dots\dots (110)$$

ALTURA DE LA CRESTA DE LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO.-La altura del liquido fluyendo sobre el derramadero es función de la longitud del vertedero y del diámetro de la columna mediante la siguiente relación:

$$How = 0.4 * \left[\frac{L_{gpm}}{WL * 12} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (111)$$

PERDIDA DE PRESION DEBIDO A LA ALTURA CLARA DE LIQUIDO.-Es una estimación de la caída de presión que tendría el vapor si cruzara una capa de liquido en vez de una de espuma y puede estimarse como:

$$HL = 0.4 * HW \dots\dots\dots (112)$$

CAIDA DE PRESION TOTAL DEL PLATO.-La carga de liquido libre de vapor equivalente a la caída de presión total sufrida por el vapor HT es igual a la suma de la caída de presión de plato seco, de la altura efectiva de liquido sobre el plato y de la cresta de liquido sobre el vertedero:

$$HT = HD + HL + How \dots\dots\dots (113)$$

Esta se encuentra en pulgadas de liquido caliente y tiene que ser convertida a lb/in² utilizando las ecs.(93) y (94).

PERDIDAS DE PRESION BAJO LA BAJANTE.-El liquido al pasar bajo la bajante pierde carga a causa de la restricción

existente entre el faldón y la superficie del plato. Esta puede calcularse como:

$$HUD = 0.65 * \left[\frac{L_{qpm}}{448.2 * AUD} \right]^2 \dots\dots\dots (114)$$

y el Área bajo la bajante puede calcularse como:

$$AUD = 0.42 * AD \dots\dots\dots (115)$$

ALTURA DE LIQUIDO RETENIDO EN LA BAJANTE Y CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO

.-La retención del líquido en la bajante o altura clara de líquido, es una acumulación de líquido ocasionada por la oposición que presentan diferentes resistencias al líquido en su descenso a lo largo de la columna. Esta puede calcularse de acuerdo con la ec.(96) y la carga de líquido sobre el plato mediante la ec.(97).

3.2.3 CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION PARA PLATOS KOCH

Las correlaciones que presenta Koch en su manual para estimar la caída de presión se derivaron de determinaciones efectuadas en un simulador con aire y agua. La caída de presión total del plato se determina al sumar la caída de presión efectiva del líquido a la del plato seco.

PERDIDA DE PRESION BAJO LA BAJANTE.—El líquido al pasar bajo la bajante pierde carga a través de la resistencia entre el faldón y la superficie del plato. Esta puede calcularse por medio de la ecuación:

$$HUD = 0.00042 * \left[\frac{L_{gpm} / LD_s}{CD} \right] \dots\dots\dots (116)$$

donde la longitud del derramadero sumergido es igual a la longitud del vertedero en el fondo de la bajante lateral, el cual puede calcularse utilizando el ancho del cordón, calculado por ec. (27), o sea:

$$WL(sd)fondo = 2 * \sqrt{HS(sd)fondo * (DT - H(sd)fondo)} \quad (117)$$

por lo que la longitud del derramadero sumergido LD_s queda como:

$$LD_s = WL(sd)fondo + DT * (NP - 1)^{0.946} \quad \dots (118)$$

Se recomienda fijar el claro bajo la bajante a 1/2 pulgada menos que la altura del derramadero, pero si $HUD > 1.5$ pulgadas de líquido caliente entonces, el claro bajo la bajante deberá incrementarse. En estos casos, también se incrementa la altura del derramadero para mantener el sello de 1/2 pulgada. Sin embargo, para servicios en los cuales el flujo de líquido siempre será alto, se admite un sello hasta de 0 pulgadas. Por otra parte, cuando el flujo de líquido es extremadamente pequeño debe mantenerse un sello de 3/4 a 1 pulgada.

ALTURA DE LA CRESTA DE LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO.—La altura del líquido fluyendo sobre el derramadero es función de la longitud del vertedero y del diámetro de la columna mediante la siguiente relación:

$$H_{ov} = 0.093 * \left[\frac{L_{gpm}}{WL} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (119)$$

AREA NETA DE VALVULAS.—El área neta de válvulas se calcula restándole al área transversal de la torre, el área en la parte inferior de la bajante que incluye toda el área de relevo AD; el área de entrada o de sello AI, que es igual a la existente en el fondo de la bajante y el área desperdiciada en los bordes que considera posibles malas distribuciones de las válvulas en la periferia en columnas pequeñas (3 ½ pies o menores).

$$A_{V_{neta}} = A_T - A_D - A_I - A_E \dots\dots\dots (120)$$

donde el área desperdiciada en los bordes AE, puede estimarse por medio de la siguiente fórmula:

$$A_E = \frac{2.2 * FPL * R}{144} \dots\dots\dots (121)$$

donde la anchura del arillo de sello R puede considerarse como de 1.5 pulgadas.

Con ésta área se calculan los pies cúbicos por segundo netos por medio de la ecuación:

$$PCS_{netos} = \frac{V_{cfs}}{A_{V_{neta}}} * \left[\frac{RL - RV}{RV} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (122)$$

NUMERO APROXIMADO DE VALVULAS.—El número aproximado de válvulas N_{valv} , se obtiene multiplicando el área neta de válvulas $A_{V_{neta}}$ por 12 o 14 válvulas/ft², dependiendo del

tipo de pitch empleado ($3\frac{1}{4}" \times 2\frac{3}{4}"$ ó $3" \times 2\frac{1}{2}"$). El programa considera 12 y 14 válvulas/ft² para cada pitch respectivamente.

Para torres a vacío o de gran diámetro (mayores de 20 pies), el número de válvulas será de 15.5 válvulas/ft² del área neta de válvulas.

$$N_{\text{válv}} = N_{\text{v}}/\text{ft}^2 * A_{\text{Vneta}} \dots\dots\dots (123)$$

Para platos mayores de 4 pies de diámetro, restar un 15% por pérdidas en el aro soporte, vigas, canales y entrada de hombre.

Debido a que no puede haber fracciones en el número de válvulas, el número de éstas se redondea al entero inmediato superior.

PIES CUBICOS NETOS. - Para convertir el flujo de vapor en PCS_{netos} a ft³/min de aire equivalentes, se utiliza el factor F que está definido como:

$$F = 60 * \left[\frac{RV}{0.0735} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (124)$$

y por tanto los ft³/min de aire equivalentes se calculan como:

$$PCM_{\text{equiv}} = PCS_{\text{netos}} * F \dots\dots\dots (125)$$

con este valor y el número de válvulas, se calculan los ft³ de aire equivalentes por válvula PCM_{válv}:

$$PCM_{\text{válv}} = \frac{PCM_{\text{equiv}}}{NV} \dots\dots\dots (126)$$

CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO.-La caída de presión de plato seco es la sufrida por el vapor al pasar a través de un plato, cuando sobre éste no hay líquido. Koch en su manual recomienda el uso de una gráfica en base a los ft^3/min equivalentes y al tipo de válvula empleada. Para poder utilizarla en el programa se sintetizaron las tablas 3.7 a 3.10 de acuerdo al tipo de válvula empleada y al peso (calibre) usado.

El valor de la caída de presión obtenido mediante estas tablas, se encuentra en pulgadas de agua y para convertirlas a pulgadas de líquido claro, se utiliza la siguiente fórmula:

$$HD = HD_{\text{Koch}} * \frac{62.4}{RL} \dots\dots\dots (127)$$

CAIDA DE PRESION DE PLATO HUMEDO

ALTURA CLARA DE LIQUIDO EN EL PLATO.-Para estimarla se pueden emplear las mismas ecuaciones usadas para platos perforados, etc.(60 - 66) descritas anteriormente.

CAIDA DE PRESION DEL VAPOR A TRAVES DEL PLATO.-La carga de líquido libre de vapor equivalente a la caída de presión total sufrida por el vapor HT es igual a la suma de la caída de presión de plato seco mas la altura efectiva de líquido sobre el plato, esto es:

$$HT = HD + HL \dots\dots\dots (128)$$

y utilizando la ec.(93) puede convertirse la caída de presión total a unidades convencionales.

TABLA 3.6
CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO PARA VALVULAS
TIPO "A" CALIBRES 14 Y 16

PCM_{valv} (ft ³ /min)	HD_{KOCH} (in de líquido)
< 5	0.80
< 12	0.85
< 15	0.95
< 25	1.05
≥ 25	$0.0021 * (PCM_{valv})^{1.9367}$

TABLA 3.7
CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO PARA VALVULAS
TIPO "T" CALIBRES 14 Y 16

PCM_{valv} (ft ³ /min)	HD_{KOCH} (in de líquido)
< 5	0.70
< 12	0.75
< 15	0.85
< 22.5	0.95
≥ 22.5	$0.0021 * (PCM_{valv})^{1.9367}$

TABLA 3.8
 CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO PARA VALVULAS
 TIPO "T" CALIBRE 18

PCM _{valv} (ft ³ /min)	HD _{KOCH} (in de liquido)
< 15	0.585
< 25	0.0326 * (PCM _{valv}) ^{1.0663}
≤ 40	0.00274 * (PCM _{valv}) ^{1.8362}
> 40	0.000632 * (PCM _{valv}) ^{2.2384}

TABLA 3.9
 CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO PARA VALVULAS
 TIPO "K-8"

PCM _{valv} (ft ³ /min)	HD _{KOCH} (in de liquido)
< 10	0.500
< 17.5	0.0128 * (PCM _{valv}) + 0.3714
< 22.5	0.590
< 40	0.2243 * EXP (0.04347 * (PCM _{valv}))
≥ 40	0.05792 * EV - 1.022

ALTURA DE LIQUIDO RETENIDO EN LA BAJANTE. -La retención del líquido en la bajante o altura clara de líquido, es una acumulación de líquido ocasionada por la oposición que presentan diferentes resistencias al líquido en su descenso a lo largo de la columna. Estas pérdidas pueden evaluarse mediante la siguiente ecuación:

$$HLD = 2 * HL + HD + HUD \quad \dots\dots\dots (129)$$

y por tanto la altura de líquido en la bajante es entonces:

$$AL_{baj} = \frac{HLD}{TS * Hw} \quad \dots\dots\dots (130)$$

CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO. -Esta carga puede ser evaluada por medio de la ec.(97).

4. DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA

4.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA

Como se mencionó en un capítulo anterior: el programa se encuentra dividido en tres subprogramas para así poder optimizar la memoria existente, los cuales se encuentran interrelacionados por medio del recurso del encadenamiento. Estos subprogramas son:

- Subprograma de entrada de datos
- Subprograma general de diseño
- Subprograma de salida de datos

El subprograma para la entrada o alimentación de datos es un programa de tipo conversacional, en donde la alimentación de datos se maneja en forma interactiva y conversacional entre el sistema y el usuario. El usuario debe tratar de contestar a todas y cada una de las preguntas originadas por el sistema, ya que este subprograma sirve de base para los demás subprogramas, aunque existen algunas partes donde el programa puede tomar valores por omisión. Esto se explica más ampliamente en el punto 4.2.

El subprograma principal de diseño lleva a cabo el cálculo de los principales parámetros para el dimensionamiento y el diseño hidráulico de platos por medio de ecuaciones cuyos fundamentos teóricos fueron discutidos ampliamente en el capítulo anterior. En caso de no existir problemas en el diseño del plato, este subprograma transfiere los datos al subprograma de salida de datos.

El subprograma de salida de datos es un programa para la realización de un formato para la salida de datos, que consiste en una hoja de datos de proceso para internos de torres, llena con los principales parámetros del plato calculados por el subprograma anterior. Esta hoja puede aparecer en la pantalla de la computadora o mandarse a escribir en la impresora.

A continuación se da una descripción de estos subprogramas, con excepción del último, el cual se trata en el punto 4.3

4.2 DATOS DE ENTRADA Y MENU DE ALIMENTACION

La información requerida para la alimentación de datos al programa de diseño hidráulico de columnas de fraccionamiento se ha dispuesto en cuatro grupos para que sea más fácil su descripción, los cuales son:

- Datos o información general
- Condiciones de operación
- Condiciones propias del sistema
- Materiales

En los siguientes puntos se explica cada uno de ellos y en el capítulo 5 se muestra un ejemplo de un menú de alimentación tal y como aparece en la pantalla de la computadora.

4.2.1 Información General o Datos Generales

Como su nombre lo indica se trata de la información genérica que sirve para caracterizar y/o diferenciar un equipo de otro. Con esta información, se llena el espacio correspondiente a los datos generales en la hoja de datos de platos por medio del subprograma de salida de datos. También dentro de esta información se debe de alimentar el diámetro de la torre y debe seleccionarse el tipo y/o método de diseño de plato que se requiere.

A continuación se menciona la información requerida, la cual consiste de once preguntas y se explica brevemente en que consiste. Además se mencionan algunos criterios para que el usuario pueda seleccionar la opción más adecuada.

FECHA.—Es la fecha en la cual se realiza el diseño. Se dispone de ocho caracteres para ello. Para ello puede utilizarse el formato DD-MM-AA (día-mes-año).

NOMBRE DE LA PLANTA.—Es el nombre o servicio de la planta, para el cual se tienen asignados 34 caracteres. El usuario debe tratar de ajustarse a ellos, pues en caso contrario el programa no pasará a la siguiente pregunta.

NUMERO DEL PROYECTO.-Es el número asignado al proyecto por la firma de Ingeniería, el cual sirve para diferenciarlo de otros proyectos. Para éste se dispone de 5 espacios.

LOCALIZACION.-Es el lugar geográfico o el nombre del complejo en el cual va a construirse la planta o el lugar donde va a estar operando el equipo. Se dispone de 28 caracteres para ello.

CLAVE DEL EQUIPO.-Es el número, clave o tag correspondiente a los internos de la torre, para los cuales va a efectuarse el diseño. Se dispone de 10 caracteres para ello.

CLAVE DE LA TORRE.-Es el número clave o tag para identificar a la torre, para la cual van a diseñarse los platos o internos. Se dispone de 10 caracteres para ello.

SERVICIO.-Es la finalidad, propósito o uso de la torre en cuestión, se cuenta con 48 caracteres para ello.

DIAMETRO DE LA TORRE.-Es el valor del diámetro de la torre, como fue calculado durante el predimensionamiento de la misma, el cual debe alimentarse en pies.

PLATO CRITICO DE LA SECCION.-Es el número o identificación del plato en el cual se presentan los flujos máximos, tanto de vapor como de líquido, o bien, el mayor desbalance de flujos. Es frecuente que se tenga un plato crítico en la sección de rectificación y otro plato crítico en la sección de agotamiento, o si la columna es mas compleja, podrian tenerse más de dos platos críticos.

NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION.-Es el grupo de platos o de etapas de equilibrio en la cuál, los flujos de líquido, de vapor, así como las propiedades físicas son prácticamente constantes. Las secciones contienen platos de características semejantes: igual número de pasos; iguales áreas abiertas, activa y de bajantes, siendo éstas dos últimas iguales a las mayores requeridas por los flujos de la sección. Para aquellos platos que dentro de la sección

requieran de menor área, pueden emplearse menores espaciamentos para tener un factor de inundamiento constante y economizar en el material del cascarón de la columna, en cimentaciones, etc. Cuando se tengan problemas de goteo en uno o varios de los platos de la sección, se recomienda tapar con láminas parte del área activa para disminuir el área abierta o perforada; sin necesidad de fabricar un plato con un diseño especial muy diferente a los restantes de la sección.

Una columna sencilla con una sola alimentación generalmente tendrá dos secciones, situadas sobre y bajo el plato de alimentación.

TIPO DE PLATO Y/O DISEÑO.—El programa ofrece tres opciones o métodos para el dimensionamiento de platos de acuerdo con el tipo de plato que se desea:

- a) Plato perforado
- b) Plato Glitsch
- c) Plato Koch

A continuación se da una descripción de cada uno de ellos.

A.- PLATOS PERFORADOS

Los platos perforados probablemente son los dispositivos de transferencia más antiguos que se emplean en la actualidad. Este tipo de platos funciona de la siguiente manera: el vapor fluye a través de los orificios del plato y se dispersa a través del líquido que está fluyendo a lo largo del plato. Un ejemplo de éstos se muestra en la figura 4.1.

Las partes principales de un plato perforado son: las bajantes, los derramaderos o vertederos de salida y el plato perforado propiamente dicho.

Este es el plato menos costoso que se emplea en la actualidad, debido a que los orificios que suministran el medio de introducción del vapor en el líquido son taladrados en la misma placa del material de construcción.

La principal desventaja de los platos perforados es que no pueden operar a flujos de vapor menores a aquellos para los cuales fueron diseñados para operar. Esto se debe a que el flujo de vapor impide que el líquido fluya hacia el plato inferior a través de los orificios del plato, ya que cada

plato diseñado tiene una mínima velocidad de operación abajo de la cual, el plato empieza a gotear, esto es una situación donde el líquido fluye libremente por los orificios del plato. Esta mínima velocidad de vapor en el punto de goteo restringe seriamente el uso de platos perforados en servicios donde la flexibilidad de operación con respecto a las regiones de bajo flujo de vapor -y en menor grado con respecto al gasto del líquido- es necesaria. Por otro lado, la tendencia en la operación de columnas es siempre a incrementar la carga en vez de disminuirla.

Dentro del rango de operación normal, la eficiencia de los platos perforados está determinada por las propiedades del sistema y por el diseño de los platos. Los platos perforados pueden diseñarse para manejar flujos dentro de un amplio rango de flexibilidad tan alto como de 3-1 (para rangos mas amplios se recomiendan los platos de válvulas).

B.-PLATOS DE VALVULAS

Los platos de válvulas, son platos perforados con aberturas variables para el flujo de vapor. Las perforaciones están cubiertas con dispositivos móviles, los cuales comunmente son discos circulares retenidos en su sitio por medio de guías colocadas sobre la superficie del plato o en la misma válvula, los cuales se elevarán conforme el flujo de vapor se incrementa y cuando el flujo disminuya a un valor determinado, éstos se asentarán sobre los orificios de acuerdo al peso y características de las válvulas.

Los platos de válvulas operan con buena eficiencia en un amplio rango de operación, ya que a bajas cargas regulan su área abierta en forma proporcional al flujo de vapor, manteniendo suficiente caída de presión dinámica en el plato para prevenir el goteo excesivo (como ocurre en los platos perforados) disminuyendo así la eficiencia.

En ocasiones se utilizan válvulas de dos pesos diferentes, colocadas en filas alternadas en la dirección del flujo del líquido. Esto es con el propósito de dar una mejor distribución al flujo de vapor que pasa por el plato y obtener una mayor flexibilidad.

Las principales ventajas que se obtienen al utilizar platos de válvulas son las siguientes:

- Caída de presión casi constante a lo largo de su rango de operación
- Alta flexibilidad
- Eficiencia comparable a la de los platos perforados

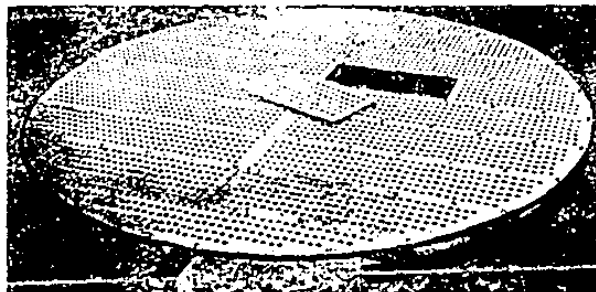
FIGURA 4.1 TIPOS DE PLATOS PERFORADOS



PLATO PERFORADO CON BAJANTE INTEGRADA



PLATO PERFORADO DE GRAN DIAMETRO



PLATO PERFORADO SIN BAJANTES

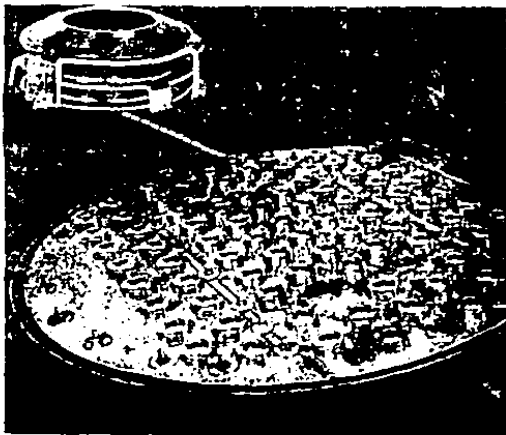
Ejemplos de los platos citados anteriormente, son el "Ballast Tray" de Glitsch Inc. y el "Flexitray" de la Koch Engineering Co. los cuales se muestran en las figuras 4.2 y 4.3. A continuación se señalan las características y el funcionamiento de estos platos se tratará en el punto 4.2.4

8.1 PLATOS BALLAST (GLITSCH INC.)

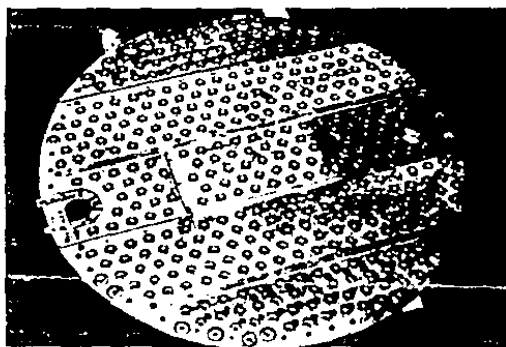
Las ventajas de los platos Ballast pueden resumirse como sigue:

- Elevada eficiencia a bajas cargas, lo que permite obtener una cantidad mínima de productos fuera de especificaciones, por ejemplo durante el arranque de la torre. El alto grado de flexibilidad hace posible operar en un amplio rango de operación sin sacrificar la eficiencia. Son capaces de operar a bajos flujos de vapor (25% del flujo de diseño) con buena flexibilidad y estabilidad.
- La eficiencia se mantiene alta aun cerca del inundamiento, lo cual permite un incremento en su capacidad útil y un empleo más eficaz de la columna y su equipo auxiliar.
- La elevada eficiencia a condiciones de carga intermedia puede utilizarse para mejorar la calidad del producto, para reducir la relación de reflujo (ahorrando en servicios auxiliares) o para reducir el número de platos.
- La combinación de baja caída de presión y alta eficiencia en sistemas a vacío significa una menor caída de presión en la torre.
- Mínimo costo de operación y mantenimiento, ya que el diseño mecánico de las lenguetas es tal que, elimina casi totalmente los problemas de ensuciamiento. El mantenimiento de las unidades es simple porque la parte superior de las válvulas es plana y lisa, sin partes afiladas en la superficie del plato.
- Los platos Ballast pueden utilizarse en cualquier servicio limpio y se han empleado en muchos servicios sucios con buenos resultados.

FIGURA 4.2
TIPOS DE PLATOS GLITSCH

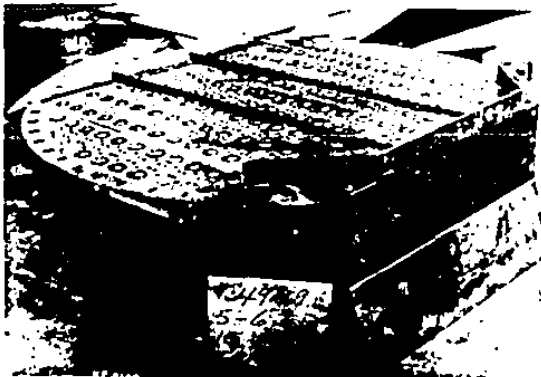


UNIDAD TIPO "A"



UNIDAD TIPO "V"

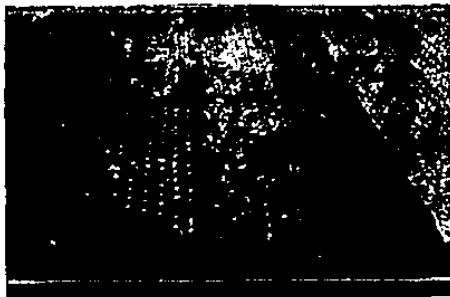
FIGURA 4.3 TIPOS DE PLATOS KOCH



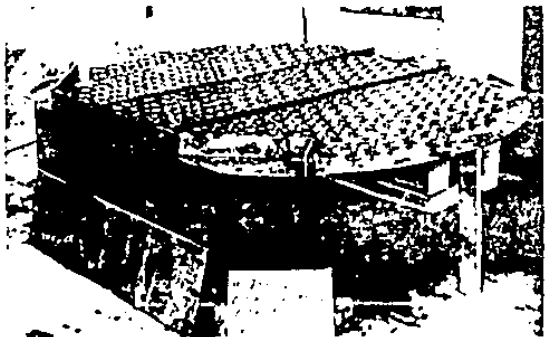
PLATO TIPO "AF"



PLATO TIPO "A"



FLEXITRAY TIPO "A" CON DOS PASOS



PLATO TIPO "T"

B.2 PLATOS FLEXITRAY (KOCH ENGINEERING CO.)

El Flexitray es un plato tipo válvula constituido por un plato perforado que sobre los orificios tiene válvulas circulares de aproximadamente dos pulgadas de diámetro. Estas están limitadas en la elevación que pueden alcanzar mediante diferentes dispositivos, de acuerdo al tipo de válvula de que se trate.

Usualmente se emplean válvulas de dos pesos diferentes en estos platos (fabricadas en metales de diferentes calibres), alternándolas en filas paralelas al derramadero de salida, para permitir una buena distribución del vapor aún a bajos flujos y aunque el plato esté colocado ligeramente fuera de su nivel.

A cargas de vapor relativamente altas, todas las válvulas están completamente abiertas y presionando contra sus topes los cuales limitan su elevación. Bajo estas condiciones, la abertura para el flujo es constante y el plato se comporta como uno perforado con orificios de gran diámetro. A bajas cargas de vapor, todas las válvulas están cerradas pero no completamente, pues descansan sobre muescas o pliegues que proporcionan un pequeño claro para el paso del vapor, entonces, el plato funcionará como un plato perforado con pequeñas perforaciones. A cargas intermedias algunas válvulas están abiertas y otras cerradas. Las características dinámicas de las válvulas son tales que, la mayor parte del tiempo cada una de las válvulas está completamente abierta o completamente cerrada. Esto es, ninguna válvula permanece estable en una posición intermedia durante su recorrido.

La elevada capacidad de los Flexitray permite utilizar torres de diámetros pequeños y la eficiencia constante en amplios rangos de operación puede permitir el empleo de menos platos y/o una menor relación de flujo.

Aún a bajas cargas, el vapor fluye a través de las válvulas ligeras previniendo así, cualquier fuga del líquido y haciendo innecesario el uso de empaques.

El líquido que fluye a través de la superficie del plato, es aerado por el vapor que sale de entre la válvula y la superficie del plato. El vapor lleva una componente horizontal que promueve el mezclado del vapor y el líquido sobre la superficie del plato. Como se tiene un amplio contacto entre las fases en todo el flujo del líquido, la eficiencia del Flexitray se mantiene en un amplio rango de operación; además, dado que la componente horizontal de la velocidad del vapor es mayor que la vertical (caso contrario a los platos perforados), el arrastre del líquido se reduce en gran medida.

Los Floxitray pueden manejar cargas hasta un 10% mayores que los platos perforados. Mantienen su alto nivel de eficiencia en un amplio rango de flujos, lo cual permite una flexibilidad operacional muy económica. Además, todos los componentes en la superficie del plato están expuestos y son visibles para una inspección sin necesidad de desmantelar el plato.

En forma general, podemos resumir las principales características de los platos anteriores así:

Los platos de válvulas ofrecen un amplio rango de operación y una gran capacidad a un costo comparable al de los platos perforados. Si la capacidad adicional de los platos valvulados sobre los perforados se toma en consideración, los de válvulas son más económicos. En la mayoría de las aplicaciones, la carga de vapor es el factor que controla la capacidad y los platos de válvulas tienen una capacidad 10% mayor que los platos perforados.

Los platos perforados se emplean normalmente si no se requiere de un amplio rango de flexibilidad y si se desea obtener un bajo costo en la fabricación del plato. Los platos perforados no deben emplearse para aplicaciones que manejan bajos flujos de vapor.

4.2.2 CONDICIONES DE OPERACION

Estos son los datos provenientes de la Ingeniería Básica de la planta y son los que determinan el tipo y el tamaño del equipo a diseñar. Esta información debe estar a las condiciones de operación de la columna. Dado que las principales ecuaciones están en el sistema inglés, éstos datos deben alimentarse de acuerdo al sistema inglés de unidades como sigue:

- Gasto del vapor en lb/hr
- Gasto del líquido en lb/hr
- Densidad del vapor en lb/ft³
- Densidad del líquido en lb/ft³
- Tensión superficial del líquido en dinas/cm
- Temperatura del vapor en °C
- Temperatura del líquido en °C
- Presión del sistema en psia

4.2.3 CONDICIONES PROPIAS DEL SISTEMA

Son los datos necesarios para fijar el diseño del plato, los cuales se calculan o seleccionan en base a los datos de operación, estos son: el factor de inundación, la altura del vertedero, la caída de presión máxima permisible por plato, el factor del sistema, el espaciamiento entre platos y el espaciamiento mínimo entre platos.

El programa muestra una tabla con los valores más comunes de estos datos, los cuales pueden tomarse por omisión o bien modificarse para cumplir con los requerimientos del usuario. Estos valores pueden verse en la tabla 4.1:

TABLA 4.1

TABLA DE VALORES POR OMISION

PARAMETRO	VALOR POR OMISION
Factor de inundación	0.82
Altura del vertedero	2 in
Caída de presión máxima del plato	0.15 psi
Factor del sistema	1
Espaciamiento entre platos inicial	18 in
Espaciamiento entre platos mínimo	12 in

FACTOR DE INUNDACION.-El factor de inundación es el máximo porcentaje del inundamiento por arrastre permitido por el diseño, relaciona las cargas de diseño o de operación a las cargas en el punto de inundamiento.

La inundación es una condición inestable en la altura del líquido en el plato y en la bajante, se incrementa hasta que la torre está llena de espuma densa. La inundación puede ser causada por tres mecanismos básicos:

-CAPACIDAD LIMITANTE.-Se refiere a la máxima cantidad de vapor que puede manejar un plato, dependiendo principalmente de las propiedades físicas del sistema y a la interacción entre el líquido y el vapor entre los platos.

-INUNDACION EN LA BAJANTE.-Esta se produce cuando la bajante se llena con liquido aerreado o espuma y no puede manejar el flujo del liquido y el plato empieza a acumular liquido en el area activa.

-INUNDACION DE CHORREO O ARRASTRE EXCESIVO.-Es una condición limitante en cuanto al manejo de vapor, causada por la proyección masiva del liquido de un plato hacia el inmediato superior, debido a una velocidad excesiva de vapor a través del area libre de la torre. El arrastre generalmente es por acarreo de gotas de liquido en el vapor, pero puede deberse a que el nivel de la espuma formada en el plato alcance el plato superior, condición conocida como "priming".

Para sistemas no espumantes Glitsch recomienda emplear un valor de diseño de 0.82; mientras que, Koch sugiere un valor de 0.85 para el diseño de sus platos.

Para sistemas espumantes conviene emplear un factor de 0.60 y para sistemas a vacío un factor de 0.77.

Las torres con diámetros menores a 3 pies deberán tener un factor de inundación un 10% menor que los anteriormente citados en cada uno de los casos. Menores valores dan platos más grandes e incrementan el volumen del recipiente de la torre.

ALTURA DEL VERTEDERO O DERRAMADERO DE SALIDA.-La altura del vertedero o derramadero de salida, es la distancia medida desde la superficie del plato a la parte superior del derramadero.

El vertedero es una barrera metálica que se emplea para mantener una determinada altura o nivel de liquido sobre el plato, lo que permite que el vapor proveniente del plato inferior, burbujee a través de una capa de liquido para que exista un contacto entre las fases, cuya duración será función principalmente de la profundidad de la carga de liquido sobre el plato. Puede considerarse también como una extensión de la bajante.

La altura del derramadero de salida está determinada generalmente por los requerimientos de altura del liquido sobre el plato, la que es controlada por el sello del liquido sobre los pasos del vapor. A mayor profundidad, mayor eficiencia, pero mayor caída de presión y mayor arrastre, debido a que al aumentar la altura del derramadero aumentan también la longitud de la trayectoria para que el liquido burbujee, la retención del liquido y el tiempo de

contacto entre las fases; con lo cual se incrementa la eficiencia, pero esto puede hacerse hasta un límite determinado: ya que, mientras mayor es la altura del derramadero, mayor es la caída de presión que sufrirá el vapor y se incrementará entonces la retención del líquido en la bajante, pudiendo esto ocasionar inundamiento. Además, la altura sólo podrá incrementarse hasta un cierto punto en el cual el espaciamiento efectivo entre platos se reduce a tal grado que se empieza a presentar arrastre y éste disminuye la eficiencia de la operación.

Glitsch en su manual recomienda una altura de diseño del derramadero de 2 pulgadas en casi todos los servicios a presión y en sistemas a vacío recomienda una altura de 3/4 de pulgada, aunque una altura de vertedero de 1/2 pulgada ha sido usada. Asimismo pueden usarse alturas del vertedero hasta de 6 pulgadas cuando se desea un alto tiempo de residencia, como por ejemplo: cuando se involucra una reacción química. Si la altura del vertedero excede del 15% del espaciamiento entre platos, deberá tomarse en cuenta la reducción en el espaciamiento efectivo entre platos cuando se estiman los límites de capacidad.

Por otro lado Koch recomienda una altura del vertedero de 3 pulgadas para columnas a presión con espaciamientos mayores de 24 pulgadas, de 2½ pulgadas para espaciamientos hasta de 18 pulgadas y sugiere como límite no usar alturas de vertedero menores a 2 pulgadas en cualquier servicio a presión y de 1 pulgada en sistemas a vacío.

Los derramaderos más comunes son rectos, sin embargo, se emplean derramaderos escalonados cuando se desea incrementar la longitud del vertedero de una bajante segmentada, para disminuir la altura del líquido que fluye sobre él y así la caída de presión del plato.

También existen los derramaderos de entrada, cuya función es garantizar el sello de la bajante en cualquier condición de operación y además brindar una buena distribución del líquido que entra al plato; sin embargo, no se recomienda su empleo, ya que presenta las siguientes desventajas:

- Ocupa espacio disponible para el área activa, ya que el derramadero es una barrera que encuentra el líquido, el cual a causa de la inercia salta y golpea las válvulas impidiendo su adecuado funcionamiento en las primeras filas del plato.
- Si el servicio es sucio, se tendrá una reducción en el área de flujo para el líquido que sale de la bajante cuando se formen sedimentos, lo cual causará que se incremente la altura del líquido retenido en la bajante pudiendo esto provocar inundamiento.

CAIDA DE PRESION MAXIMA POR PLATO.—Es importante especificar la caída de presión máxima por plato, sobre todo en operaciones a vacío, dado que la presión acumulada en las etapas del fondo deben mantenerse dentro de límites, así como también en torres que contengan un gran número de etapas, donde la caída de presión puede ser un factor de consideración.

Para una columna de platos perforados o de válvulas pueden considerarse los siguientes valores de caída de presión por plato, como orden de magnitud.

TABLA 4.2
CAIDA DE PRESION POR PLATO

PRESION TOTAL	CAIDA DE PRESION POR PLATO
30 mm Hg	3 mm Hg o menos
1 atm	0.07 - 0.012 psi
300 psi	0.15 psi

Generalmente se recomienda un valor de 0.15 psi para servicios a presión.

FACTOR DEL SISTEMA.—El factor del sistema también llamado factor de espuma o de disminución de capacidad (derating factor), es un factor que reduce la capacidad de manejo de carga del plato, debido a que las correlaciones para estimar las áreas activa y de la bajante involucran sólo las densidades del líquido y el vapor sin considerar el efecto de las demás propiedades. Fair relacionó este factor a una propiedad de fase, la tensión superficial por medio de la ecuación:

$$SF = \left[\frac{\sigma}{20} \right]^{0.2}$$

En los manuales de Glitsch y Koch en cambio, se recomienda el empleo de factores que representan la disminución que sufre la capacidad de la columna a causa de las características espumantes del sistema y que además consideran el efecto de la tensión superficial; los cuales están basados más en la experiencia práctica que en criterios teóricos (tablas 4.3 y 4.4). Se recomienda que se

empleen en el método de diseño los valores recomendados por cada fabricante.

TABLA 4.3
FACTORES DEL SISTEMA (GLITSCH)

SISTEMA	FACTOR	EJEMPLO
Sin espuma	1.00	HC's saturados
Sistemas fluorados	0.90	BF ₃ , Freón
Espumado moderado	0.85	Absorbedores de aceite, regeneradores de aminas y glicoles.
Espumado pesado	0.73	Absorbedores de aminas y glicoles
Espumado severo	0.60	Unidades de metil-etil-cetona
Sistemas de espuma estable	0.30-0.60	Regeneradores cáusticos

TABLA 4.4
FACTORES DEL SISTEMA (KOCH)

SERVICIO	FACTOR
Despropanizadores	0.85-0.95
Absorbedores	0.85
Torres de vacío	0.85
Regeneradores de amina	0.85
Contactores de amina	0.70-0.80
Desetanizadores a alta presión	0.75-0.80
Contactores de glicol	0.70-0.75

ESPACIAMIENTO INICIAL.—El espaciamiento inicial o espaciamiento normal de platos, es una distancia tal que permite la separación del líquido y el vapor tanto en la bajante, como en el área activa. El espaciamiento entre

platos tiene un efecto importante en la inundación, ya que hay una relación inversa entre el espaciamento y el diámetro; de tal forma que si se requiere modificar la inundación, dejando fijo el espaciamento, tendrá que modificarse el diámetro. Esto requiere de un balance económico.

En la industria petrolera, los espaciamentos de 18 pulgadas se consideran los mínimos, pero por razones de accesibilidad los espaciamentos más comúnmente empleados son los que se encuentran alrededor de 24 pulgadas.

Para columnas con pocos platos, conviene emplear espaciamentos mayores de 24 pulgadas, para así disminuir el diámetro de la columna. Por otra parte en fraccionadoras con un número muy grande de platos quizá pueda ser necesario usar espaciamentos menores a 18 pulgadas para evitar el tener que dividir la fraccionadora en dos torres.

Los espaciamentos usuales en columnas de destilación se muestran en la tabla 4.5.

TABLA 4.5
ESPACIAMIENTOS USUALES ENTRE PLATOS

DIAMETRO DE LA COLUMNA (pies)	ESPACIAMIENTO (pulg)	
	SERV. A PRESION	SERV. A VACIO
2 - 4	12 - 18	18 - 24
4 - 10	18 - 24	24 - 30
10 - 12	24 - 30	30 - 36
12 - 24	30 - 36	36

aunque éstos valores pueden variar de problema a problema, éste es el único parámetro que puede ser externamente optimizado.

Glitsch en su manual indica que para propósitos prácticos, el límite de espaciamento de platos ocurre a 48 pulgadas para vapores cuya densidad sea menor de 2 lb/ft³ y para sistemas con mayores densidades de vapor, el límite es menor de 48 pulgadas.

Se requiere un espaciamento adicional en cualquiera de las siguientes situaciones:

- Para los platos en transición, como cuando se tiene un cambio en el número de pasos o cuando existe un cambio en el diámetro de la columna.
- Si la alimentación que va a introducirse en esa zona se encuentra vaporizada ya sea total o parcialmente.
- Para permitir la colocación de tubería de distribución para alimentaciones líquidas, en caso de que la carga de la torre sea mayor en el punto de alimentación.

ESPACIAMIENTO MINIMO ENTRE PLATOS.-El espaciamiento mínimo entre platos generalmente está fijado por el mínimo espacio entre platos para accesibilidad mecánica y para mantenimiento y reparación de los mismos. Por razones prácticas, éste no debe ser menor a 12 pulgadas, aunque en ocasiones se considera 18 pulgadas como el mínimo, como es el caso de los sistemas espumantes.

4.2.4 CONDICIONES PROPIAS DEL TIPO DE PLATO

Estos son datos o condiciones propias del tipo de plato seleccionado y varían de un tipo de plato a otro, ya que cada plato necesita diferentes datos de alimentación a fin de que puedan fijarse sus datos de diseño. Para su descripción, éstos se han agrupado dentro del tipo de plato correspondiente.

A. PLATOS PERFORADOS

FACTOR DE GOTEQ. -El factor de goteo o lagrimeo (weep factor) relaciona las cargas de operación o de diseño con aquellas en el punto de goteo. Este factor se introduce para facilitar el diseño de columnas de platos, garantizando una flexibilidad uniforme en la operación del plato.

El punto de goteo (weep point) ocurre cuando la velocidad de vapor es lo suficientemente baja para que el líquido empiece a caer a través de las aberturas del plato. Este no es necesariamente el límite de operación más bajo para una buena eficiencia del plato. Para sistemas con una proporción de líquido a vapor muy alta, una pequeña cantidad que se desvía de su trayectoria no reducirá seriamente la eficiencia del plato, asumiendo que sólo es una pequeña fracción del total del líquido presente en el plato.

Un goteo excesivo a través de las aberturas del plato produce lo que se llama "chorreo", lo cual se caracteriza por una caída repentina y significativa de la eficiencia del plato. Este fenómeno puede ocurrir cuando el gradiente de líquido en el plato (diferencia en alturas de líquido a la entrada y a la salida del plato) es muy alto o cuando la velocidad del vapor mínima aceptable para un buen comportamiento del plato es igual o mayor a la cual ocurre este efecto.

Se recomienda un valor de 0.60 para mantener una relación de flujo ascendente y descendente de 2. Valores pequeños del factor de goteo incrementan la altura de la columna y/o causan una indeseable caída de presión.

ESPESOR DEL PLATO. -Los platos perforados generalmente se construyen en acero al carbón de calibre 10 o en aleaciones resistentes a la corrosión en calibres 14 y 16. En general el espesor del plato especificado es de 12 a 14 gage. La regla general para taladrar u oradar placas de acero al carbón o de cobre, es que el espesor del plato sea igual o mayor que el diámetro de los orificios; mientras que, para

acero inoxidable el espesor está limitado de $1/2 - 1/3$ del diámetro del orificio.

La relación del espesor del plato y el diámetro del orificio es un factor importante en la caída de presión. Esta usualmente varía de 0.1 a 0.7. Mientras mas grande la relación espesor-diámetro es menor la caída de presión. Desafortunadamente la acción de oradar en la placa limita seriamente el espesor del plato, además de que el costo adicional del espesor del plato no se justifica. Cuando se necesitan platos con grandes diámetros, pueden usarse placas de metal delgadas y si es necesario deberán adicionarse barras y estructuras que soporten al plato y al líquido que contendrán. El espesor del plato deberá suministrarse en pulgadas para lo cual puede consultarse la tabla 3.4 de conversión de calibre a milésimas de pulgada.

DIAMETRO DEL ORIFICIO.-El diámetro del orificio varía de acuerdo al servicio y a la preferencia del diseñador. Este varía desde diámetros de $1/16$ de pulgada en columnas pequeñas con un espesor de placa de $1/8$ hasta diámetros mayores de 1 pulgada en espesores de placa de más de $1/4$ de pulgada. Para poder seleccionar el diámetro del orificio deberá considerarse lo siguiente:

NATURALEZA DEL SERVICIO-Pequeños orificios no son apropiados para servicios incrustantes o corrosivos. Si el servicio es incrustante, los orificios pequeños pueden bloquearse total o parcialmente dando una excesiva caída de presión y una inundación prematura. Además un ahujero bloqueado a menudo toma lugar en un patrón de distribución no uniforme, causando un flujo de vapor desigual y disminuyendo la eficiencia del plato.

Si el servicio es corrosivo, los ahujeros grandes tienen dos ventajas: a) la variación de cambio del área del orificio y la caída de presión del plato con el tiempo es mucho menor; y b) el espesor del plato permisible es mayor y un mayor grado de corrosión puede ser tolerado. En servicios corrosivos e incrustantes, no se recomiendan orificios menores de $1/2$ pulgada.

HIDRAULICA-Pequeños orificios reducen el goteo del plato particularmente si la tensión superficial del líquido es alta. Los orificios pequeños ofrecen una ventaja apreciable en la capacidad, especialmente si el espaciamento entre platos es pequeño. También reducen el arrastre, especialmente en servicios a baja presión.

TRANSFERENCIA DE MASA.-Si la operación es en régimen de espuma (la fase líquida es continua), los orificios pequeños mejoran el contacto líquido-vapor y por ende se tiene una mayor eficiencia. En operaciones a régimen de rocío (la fase

gas es continua), éste factor no aplica y se recomiendan orificios grandes.

ESPUMAMIENTO.-En servicios limpios operando a vacío o en régimen de espuma, pequeños orificios (1/8 in de diámetro) han sido recomendados por razones de arrastre y eficiencia.

RELACION DE FLEXIBILIDAD.-Los orificios pequeños tienen una mejor relación de flujo ascendente y descendente, dado que ellos reducen el goteo e incrementan la capacidad del plato.

COSTO.-Los platos oradados con punzón con grandes orificios son más baratos, ya que se requieren menos orificios. Los orificios menores de 3/16 de pulgada de diámetro pueden requerir taladro, lo cual es más caro que punzonar.

ERRORES DE DIAMETRO.-En platos con pequeños orificios, un pequeño error en el diámetro del orificio cuando se punzona o taladra, tiene un mayor efecto en la caída de presión, en la capacidad y en la relación de flexibilidad, que cuando se tiene el mismo error con un orificio mayor.

INSTALACION.-Los paneles del plato, deberán instalarse con la superficie escabrosa del orificio hacia el lado del flujo del vapor. Esto reduce el riesgo de daño hacia el personal de servicio en la columna. Esto tiene la desventaja de incrementar ligeramente la caída de presión del líquido y la ventaja de incrementar ligeramente la tendencia hacia el goteo. Si las consideraciones por caída de presión son importantes, el lado escabroso del plato deberá ser alisado para que esté libre de rebabas.

En general las perforaciones de diámetros grandes (3/4-1 pulgada) se recomiendan en servicios sucios e incrustantes y para operaciones en régimen de rocío.

Para otras aplicaciones deberán de tomarse en cuenta los orificios de menor tamaño (3/16 pulgadas de diámetro), ya que, con éstos se obtiene un mejor contacto líquido-vapor.

En la mayoría de las aplicaciones, los diámetros del orificio varían de 1/8 a 1/2 pulgada, siendo los orificios de 3/8 y de 1/2 pulgada los que proporcionan un adecuado balance entre las características de operación y el costo total de la columna.

B. PLATOS DE VALVULAS TIPO GLITSCH

TIPO DE VALVULA.-Glitsch fabrica dos grandes series de platos, los llamados platos Ballast tipo "A" y los platos Ballast tipo "V" (ver figura 4.4). A continuación se describe cada uno de ellos a modo de comparación ya que, por

FIGURA 4.4
TIPOS DE UNIDADES DE BALASTRA



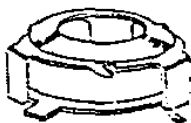
V-1, V-4



A-1, A-4



V-1, V-4



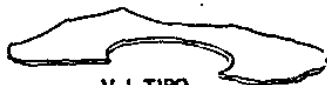
A-2X, A-5X



A-2, A-5



V-0



V-1 TIPO
(ORIFICIO PLANO)



V-2X



V-4 TIPO
(ORIFICIO EXTRUIDO)

falta de información el programa unicamente trabaja para platos de la serie "V".

PLATOS BALLAST TIPO "A".-Este modelo es el original plato Ballast, cada unidad consta de tres piezas: una cubierta para la perforación del plato, llamada la tapa del orificio; un lastre que controla la abertura de la tapa o cubierta, denominado peso o "placa Ballast" y una especie de anillo fijo a la superficie del plato que envuelve a las otras piezas y las mantiene en su posición sobre la perforación denominado "travel stop".

La abertura para el paso del vapor es función del flujo de vapor. A bajos flujos, la cubierta del orificio se eleva hasta una altura intermedia limitada por la placa "Ballast". Ambos la cubierta del orificio y la placa "Ballast" se elevan para dar una abertura completa a elevados flujos de gas. La altura máxima que alcanzarán está limitada por el "travel stop".

PLATOS BALLAST DE LA SERIE "V".-El plato Ballast modelo V-1 presenta una abertura en dos etapas, por lo que aún a bajos flujos de vapor se tendrá al vapor fluyendo a través de todas las válvulas y con elevados flujos las válvulas se abrirán totalmente, obteniendo así un amplio rango de condiciones de operación estables. El perímetro de la válvula está inclinado hacia abajo y afilado en la parte inferior del borde, esto contribuye a incrementar la turbulencia en el punto donde el vapor se pone en contacto con el líquido al generar un efecto parecido a la vena contracta que incrementa el área interfacial y por consiguiente la eficiencia. Los platos V-1 tienen una mayor eficiencia y una capacidad al menos igual que la del plato Ballast de la serie "A" descrito anteriormente, pero su construcción es más simple y económica.

A flujos de vapor muy bajos, las unidades tipo "V" se asientan en tres lengüetas, las cuales sostienen al disco de la Válvula sobre la superficie del plato a una distancia aproximada de 1/10 de pulgada. Esta es una distancia recomendable, ya que una mayor elevación inicial puede ser una abertura muy grande para operar a bajas cargas. Las lengüetas además, ayudan a prevenir la adhesión de suciedad en las unidades. Para condiciones especiales puede desearse que las unidades Ballast se asienten completamente, en esos casos, se eliminan las lengüetas o bien la distancia de las lengüetas puede variarse para dar una abertura inicial determinada y así ampliar el rango de operación con flujos de vapor muy reducidos.

Cuando el flujo de vapor es alto, la válvula se eleva verticalmente, siendo mantenida en su posición sobre el orificio por medio de tres piernas o paletas guías. Unos

ganchos en el fondo de las paletas retienen a la válvula en su respectivo orificio y limitan el ascenso del disco para dar una abertura máxima de aproximadamente 0.32 pulgadas, pero que puede variar de acuerdo a requerimientos del proceso. Los ganchos están diseñados para dar una línea de contacto con la parte baja del plato y prevenir el ensuciamiento con el accionar de la válvula. La parte superior del disco de la válvula es plano y liso para simplificar los problemas de mantenimiento.

Existen varios tipos de válvulas Ballast de la serie "V". A continuación se presenta una descripción de los diferentes tipos de unidades. Debido a la poca información existente en la literatura sobre éste tipo de válvulas, el programa sólo maneja válvulas tipo V-1 y V-4.

La válvula V-0 es una unidad no movible, similar en apariencia a la V-1 en su posición totalmente abierta. Se utiliza en servicios donde solo se requiere una moderada flexibilidad y se desea tener un bajo costo.

La válvula V-1 es la típica unidad Ballast, pues se utiliza en casi todo tipo de servicios, su tamaño estandar es 1 7/8 de pulgada. Las piernas o paletas están formadas integralmente con la válvula mediante cortes y dobleces para platos con espesores hasta de 3/8 de pulgada.

La unidad V-2 es similar al V-1 excepto que, las piernas están soldadas en la parte inferior del disco de la válvula para obtener una unidad más resistente al goteo. Las piernas soldadas permiten la fabricación de unidades Ballast para platos de cualquier calibre o tamaño. Frecuentemente se utilizan unidades de este tipo, de un diámetro grande para reemplazar cachuchas de burbujeo.

La unidad V-3 es similar a la V-2, excepto que, las piernas están colocadas en forma radial al disco de la válvula.

La unidad V-4 utiliza perforaciones en forma de venturi en el piso del plato para reducir la caída de presión que sufre el vapor en su paso a través del orificio. El espesor de plato máximo permisible con éste tipo de orificios es el correspondiente al calibre 10.

ESPESOR DEL PLATO.-Los platos de balastra se construyen generalmente en acero al carbón en calibre 10 o en aleaciones resistentes a la corrosión en calibres 14 y 16. En caso de que la placa del plato sea muy delgada, deberán adicionarse barras y estructuras que soporten al plato y al líquido que contienen.

Glitsch propone los siguientes calibres de plato: 14, 12, 10 y 8. Cabe hacer mención que el espesor máximo permisible para el tipo de válvula V-4 es el correspondiente al calibre 10.

Dentro del programa es necesario seleccionar un calibre de plato expresado en pulgadas, para lo cual puede consultarse la tabla 3.4 .

ESPESOR DE LA VALVULA.-Normalmente se utilizan válvulas relativamente pesadas (calibre 16), excepto en torres a vacío. Las unidades pesadas incrementan la caída de presión de plato seco y por consiguiente disminuyen la eficiencia del plato en la región de operación, donde las válvulas están completamente abiertas. También se tienen válvulas con los siguientes calibres: 10, 12, 14, 16, 18 y 20 gage.

MATERIAL DE LA VALVULA.-El material de la válvula depende de la naturaleza del sistema, pero normalmente se construyen de acero inoxidable. También se fabrican válvulas en los siguientes materiales: acero al carbón, níquel, monel, titanio, hastelloy, aluminio, cobre y plomo.

C. PLATOS DE VALVULAS TIPO KOCH

TIPO DE VALVULAS.-Existen básicamente dos variedades de platos Flexitray: el tipo "T" y el tipo "A", aunque también existen las válvulas con orificio tipo "K-B" (ver figura 4.5). A continuación se describe cada una de ellas.

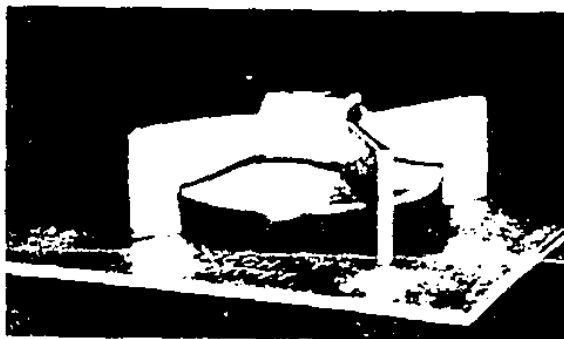
VALVULAS TIPO "A".-Este tipo de válvulas es una versión simplificada y más económica del tipo "T", es una válvula redonda, con piernas guías y topes para limitar su elevación sobre la perforación. Se recomienda para todo tipo de servicios, pero especialmente para aquellos servicios sucios o incrustantes, pues dadas las características de su funcionamiento, el valvén del disco sobre el orificio remueve constantemente la suciedad que se adhiere a la perforación. Además, las válvulas en éstos platos se colocan alineándolas para evitar en lo posible la interferencia al flujo del líquido y así el plato permanecerá limpio durante más tiempo en los servicios sucios, disminuyendo el mantenimiento necesario para éstos equipos.

VALVULAS TIPO "T".-Este modelo está compuesto de una válvula móvil contenida dentro de una araña fija de cuatro patas que la mantiene en su posición sobre la perforación y que está fija en la superficie del plato.

FIGURA 4.5
TIPO DE UNIDADES KOCH



UNIDAD TIPO "A"



UNIDAD TIPO "T"

Este modelo es el más comúnmente empleado, se utiliza en todo servicio excepto, cuando puede haber problemas de erosión y/o corrosión entre las piernas y el borde del orificio.

Estas unidades presentan sobre la superficie del disco tres pequeños pliegues que impiden el cierre total del orificio, cuando se manejan bajos flujos de vapor, impidiendo que las válvulas se asienten totalmente sobre la superficie del plato. Es decir, que el plato puede trabajar como uno perforado con orificios de pequeño diámetro.

PLATOS CON ORIFICIO TIPO "K-B".-Es un tipo de plato cuyas perforaciones tienen cuellos alargados hacia abajo a la manera de una boquilla venturi, con lo cual se reduce eficientemente la caída de presión que sufre el vapor en su paso a través de la válvula; esto elimina las pérdidas de presión ocasionadas por el borde afilado de una perforación común. Las válvulas tipo "T" son las que generalmente emplean orificios en forma de venturi. En las unidades tipo "A" no se emplean, ya que, las patas deberían ser tan largas que incrementarían el costo de fabricación de las válvulas, además de que las patas podrían atascarse si la suciedad se acumulara en las paredes del orificio.

Estos platos se emplean en rectificación a vacío, pues presentan una caída de presión de plato seco 25-50% menor que la de un plato de válvulas convencional, manteniendo un alto nivel de eficiencia.

ESPESOR DE LA VALVULA.-Normalmente se utilizan válvulas relativamente pesadas (calibre 16), excepto en torres a vacío. Las unidades pesadas incrementan la caída de presión de plato seco y por consiguiente disminuyen la eficiencia del plato en la región de operación, donde las válvulas no están completamente abiertas. También se tienen espesores de válvulas con los siguientes calibres: 14 y 18 gage.

TIPO DE PITCH.-El pitch o arreglo normal de las válvulas en los platos Flexitray es triangular en aproximadamente $3 \frac{1}{4} \times 2 \frac{3}{4}$ pulgadas. Para servicios a vacío el espaciado entre las filas puede reducirse hasta un pitch triangular de $3 \times 2 \frac{1}{2}$ pulgadas, obteniéndose así aproximadamente un 15% más de área perforada.

4.2.4 MATERIALES

Los principales factores que afectan la selección de materiales de construcción son:

- factor de corrosión anticipada
- grado de confianza en el factor de corrosión
- frecuencia de limpieza esperada y procedimiento, particularmente si la limpieza debe hacerse por inyectores a alta presión o con materiales abrasivos
- costo inicial de los materiales
- efecto en la baja de funcionamiento del plato durante la operación de la planta
- costo por pérdidas de producción debida a una posible necesidad de volver a poner platos

En ésta sección deben alimentarse los materiales de construcción del plato, de la bajante y en el caso de los platos de válvulas habrá que especificar el material de éstas. Debe proporcionarse si, se conoce, el nombre del material o la clave según la clasificación ASME, DIN, etc., ya que se cuenta con 16 caracteres para ello.

El material del plato y de la bajante generalmente es de acero al carbón, pero pueden construirse de cualquier otro material, aunque esto depende de la naturaleza corrosiva del sistema.

Las válvulas se construyen generalmente en acero inoxidable, pero al igual que los platos pueden construirse en diversos materiales dependiendo del sistema utilizado.

4.3 DESCRIPCION DEL PROGRAMA

Para un mejor desarrollo del programa de platos y por falta de memoria se optó por dividir el programa en tres subprogramas:

- Alimentación de datos
- Programa de diseño
- Salida de datos

A continuación se da una breve descripción de como funciona cada uno de ellos, los cuales para un mejor entendimiento están acompañados de un diagrama de flujo.

4.3.1 DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE ALIMENTACION DE DATOS

Este programa es del tipo conversacional, donde el usuario debe tratar de contestar a todas las preguntas formuladas y tiene como objeto hacer más fácil la alimentación y corrección de datos al programa. Para esto, se agruparon los datos en cinco bloques que son: datos generales, condiciones de operación, condiciones del sistema, condiciones del tipo de plato y materiales (para una mayor explicación de estos bloques ver el punto 4.2). En las figuras 4.6a, b y c, se muestra un diagrama de flujo del mismo.

El programa inicia con la aparición de un letrero al centro de la pantalla que indica el nombre del programa y una nota de advertencia. A continuación el programa pregunta por el bloque de datos generales, el cual incluye: la fecha, el nombre de la planta, el número del proyecto, la localización, la clave del equipo y de la torre, el servicio que va a prestar, el diámetro de la torre, el plato crítico de la sección, el número de platos de la sección y el tipo de plato o diseño requerido. Después de cada dato alimentado, se llama a la subrutina de comprobación de número de caracteres.

Esta subrutina tiene como propósito verificar que el número de caracteres del dato alimentado no sobrepase el número de caracteres asignados a esa variable. Si esto sucede, aparecerá el letrero " *** ESCRIBIO MAS CARACTERES DE LOS DISPONIBLES *** " y el programa volverá a preguntar por el mismo dato y así sucesivamente hasta que la longitud del dato sea la apropiada.

Al finalizar la alimentación de los datos generales, el programa listará todos los datos del bloque alimentados y mandará llamar a la subrutina de corrección de datos. Esta

FIGURA 4.6 a
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA
 DE ALIMENTACION DE DATOS
 (INICIO)

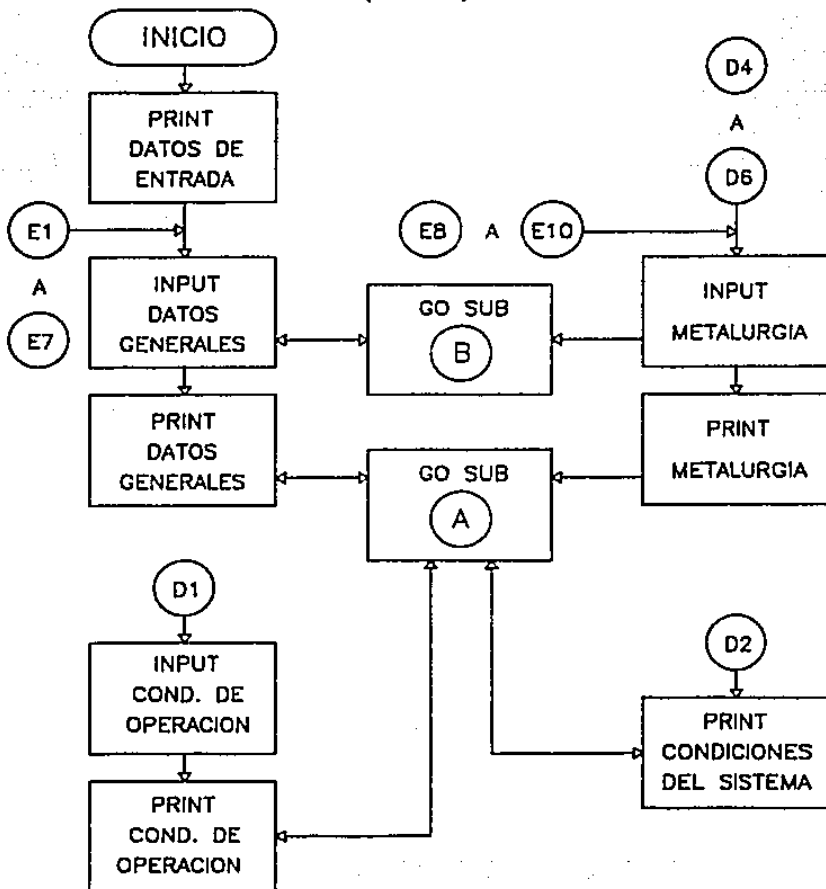


FIGURA 4.6 b
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA
DE ALIMENTACION DE DATOS
(FINAL)

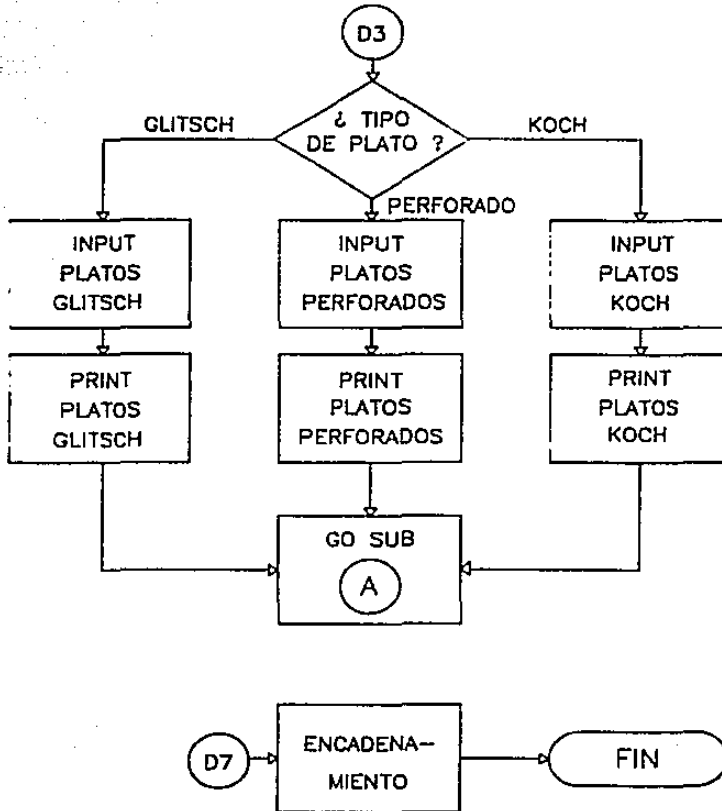
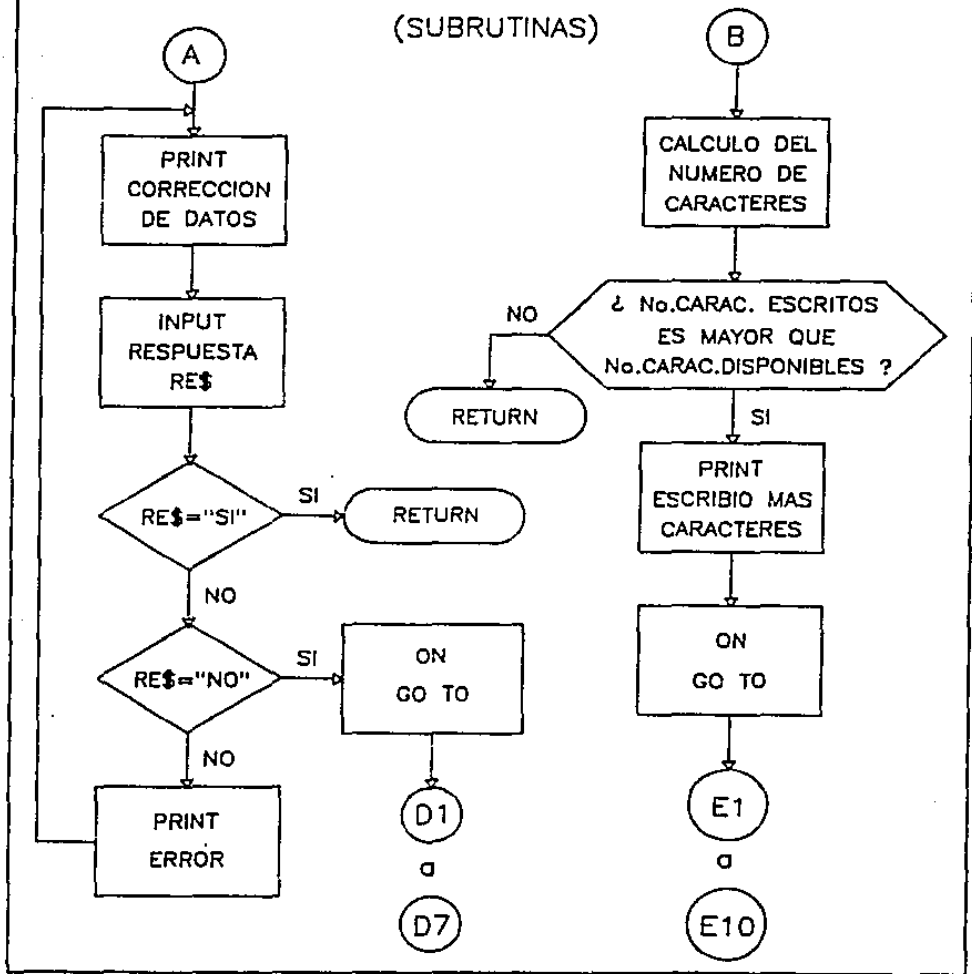


FIGURA 4.6 c
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA
 DE ALIMENTACION DE DATOS
 (SUBROUTINAS)



subrutina pregunta "DESEA CORREGIR ALGUN DATO SI/NO". En caso de que la respuesta no sea un "SI" o un "NO" aparecerá el letrero " *** ERROR *** " y volverá a preguntar "DESEA CORREGIR OTRO DATO SI/NO" y así sucesivamente hasta que la respuesta sea un "SI" o un "NO". Si la respuesta es un "SI", aparece el letrero "CONTESTE CON EL NUMERO DE LINEA", donde la respuesta debe ser el número de dato que se quiere corregir. En caso contrario, el programa mandará el letrero " *** ERROR *** " y preguntará de nuevo "SE DESEA CORREGIR OTRO DATO". Esto es necesario ya que, mediante el uso de un GOTO condicionado, es como se manda llamar otra vez a la pantalla el dato que se quiere corregir a fin de que se alimente el nuevo valor; hecho esto, volverá a enlistar todos los datos (incluyendo el recién corregido) y aparecerá otra vez el letrero "DESEA CORREGIR OTRO DATO SI/NO", hasta que la respuesta sea un "NO", en cuyo caso el programa avanzará al siguiente bloque de datos.

El siguiente bloque de datos de alimentación, es el de condiciones de operación, donde se encuentran; los gastos y las densidades tanto del líquido como del vapor a las condiciones del diseño, la tensión superficial del líquido y la presión del sistema. El programa espera que la respuesta sea un carácter numérico, pues en caso contrario aparecerá el letrero "? REENTER", indicando que se trata de variables numéricas y los únicos caracteres no numéricos que admite son los signos "+" y "-". Como en el bloque anterior, el programa listará todos los datos del bloque recién alimentado y llamará a la subrutina de corrección de datos, donde volverá a preguntar si se desea corregir algún dato. Si la respuesta es un "NO", pasará al siguiente bloque.

Este bloque es el de condiciones propias del sistema, aquí se encuentran los siguientes datos: el factor de inundación, la altura del vertedero, la caída de presión máxima permisible por plato, el factor del sistema y el espaciamiento entre platos normal y mínimo. Los cuales pueden tomarse por omisión o corregirse, para lo cual, se llama a la subrutina de corrección de datos, donde nuevamente preguntará si se desea corregir algún dato. Si la respuesta es "NO", pasará al siguiente bloque.

Este bloque es el de condiciones propias del tipo de plato. Aquí el programa pregunta por el tipo de plato a utilizarse o diseñarse, el cual fue proporcionado dentro del bloque de datos generales. Si el tipo de plato es igual a "perforado", el programa pedirá los datos de: el factor de goteo, el espesor del plato y el diámetro del orificio; si es tipo Glitsch, pedirá: el tipo de válvula, los espesores del plato y de la válvula y el material de la misma. En caso de que se trate de platos Koch, pedirá: el tipo de válvula, el espesor de la misma, y el tipo de arreglo. Al final de cualquiera de éstos, se listarán los datos recién

alimentados y llamara a la subrutina de corrección de datos, donde nuevamente preguntará "DESEA CORREGIR ALGUN DATO".

Si la respuesta es "NO", el programa pasa al bloque de materiales, donde se alimenta el tipo de material del plato, de la bajante y en caso de que el plato sea valvulado, del material de las mismas. Al igual que en el bloque de datos generales, mandará llamar a la subrutina de comprobación de número de caracteres y no pasará a otro dato hasta que, el número de caracteres sea el apropiado. Al final se enlistan también los datos de éste bloque y se llama nuevamente a la subrutina de corrección de datos, donde se pregunta si se desea corregir algún dato.

Si la respuesta es "NO", el programa de alimentación de datos se encadenará con el programa de diseño.

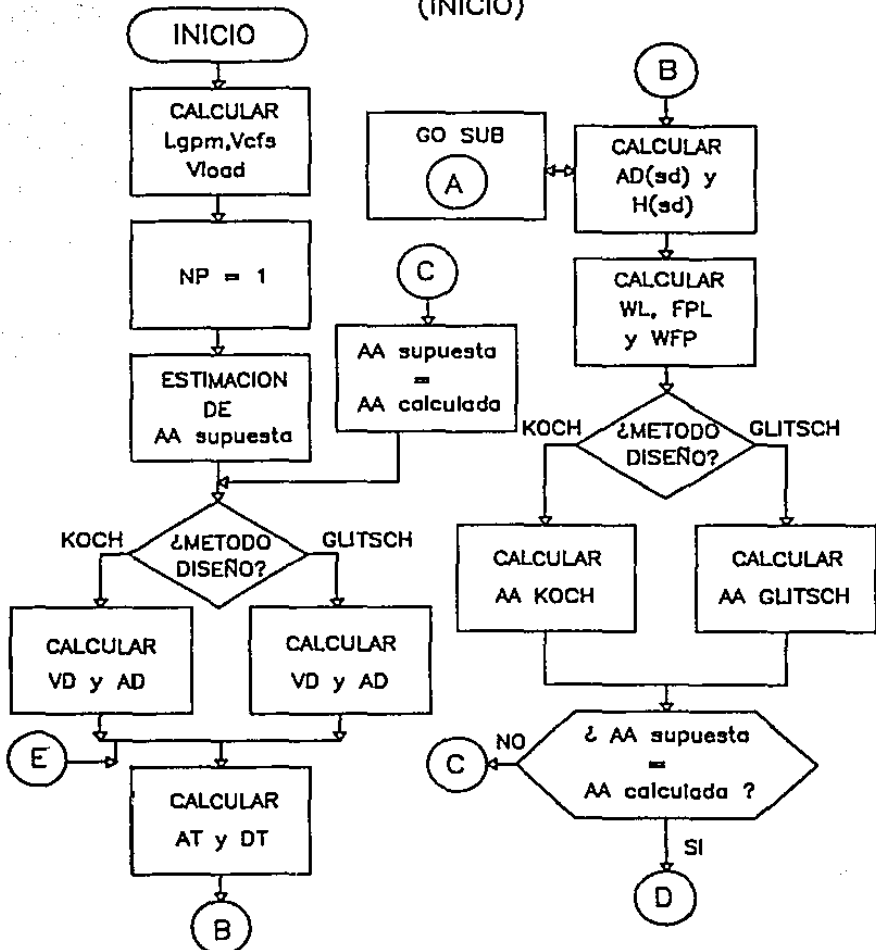
4.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE DISEÑO

En este programa se encuentra el algoritmo para el diseño del plato, para el método y las condiciones seleccionadas en el programa de alimentación de datos. En las figuras 4.7a - 4.7c se muestra un diagrama de flujo simplificado del mismo, ya que presentar un diagrama de flujo completo sería demasiado largo y complicado. A continuación se da una breve descripción de la secuencia de cálculo propuesta.

A.- DIMENSIONAMIENTO Y GEOMETRÍA DEL PLATO

- 1.- Conversión del gasto del líquido a gpm y del vapor a ft³/min, debido a que éstos se encuentran en lb/hr y cálculo de la carga de vapor (V_{load}) ec. (3).
- 2.- Suposición del número de pasos ≈ 1 .
- 3.- Estimación preliminar del área activa utilizando las ecs. (8) y (13)-(15).
- 4.- Selección del método de diseño del plato (Glitsch o Koch).
- 5.- Con el área activa supuesta calculada en el punto A.3 y con el método de diseño seleccionado, se calcula la velocidad en la bajante y el área de la misma ecs. (16)-(26).
- 6.- Cálculo del área de la columna mediante la ec. (31) y del diámetro de la misma ec. (32), el cual se redondea a diámetros comerciales. Con este diámetro se calcula de nuevo el área de la torre.
- 7.- Con el área de bajantes se calcula: la altura del cordón o ancho de la bajante lateral mediante las ecs. (35) y (36), la cual utiliza una subrutina con el algoritmo de Newton-Raphson para resolverla.
- 8.- Con la altura del cordón se calcula la geometría del plato propiamente dicha, es decir, la longitud del vertedero, la longitud de la trayectoria de flujo y el ancho de la misma, ecs. (33)-(34) y (40)-(41).
- 9.- Cálculo de una nueva área activa dependiendo del tipo de método de diseño escogido, ecs. (4)-(12).
- 10.- Esta nueva área activa se compara con la anterior (área supuesta) y en caso de ser diferentes en más de un 5%, se calculan otra vez todos los parámetros

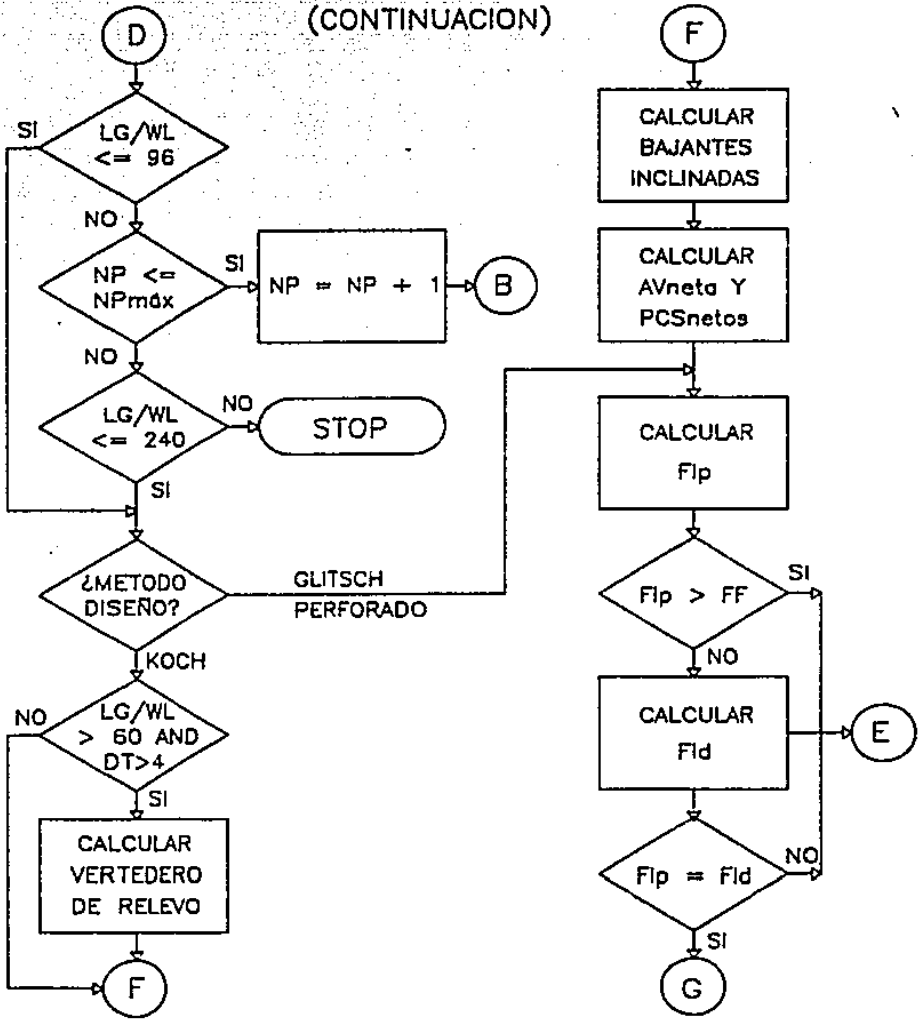
FIGURA 4.7 a
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA PRINCIPAL
 (INICIO)



con la nueva área activa calculada, que pasa a ser ahora el área supuesta. Cuando el acercamiento es menor del 5%, se trata de reducir este a menos del 1%, en caso de no conseguirlo se escoge el área activa mayor. Si el área nueva es menor que la supuesta, entonces se vuelve a calcular toda la geometría del plato, pero ya no se vuelven a comparar las áreas. Debido a la interacción de las variables anteriormente mencionadas, el procedimiento de cálculo es iterativo y procede hasta la convergencia.

- 11.-Con el área activa nueva se calcula de nuevo el área de la torre y el diámetro de la misma y se ajusta a diámetros comerciales. Si éste difiere mucho, se modifica el área de la bajante y se vuelve a calcular toda la geometría del plato.
- 12.-Verificar que la carga de líquido sobre el vertedero se encuentre dentro de los límites recomendados ecs. (42) y (43), pues en caso contrario deberá incrementarse en uno el número de pasos de flujo, si lo permite la ec.(44). Con este nuevo número de pasos, se vuelve al paso A.7 y se calcula de nuevo toda la geometría del plato. En caso de que el número de pasos sea el máximo por ec. (44), entonces solamente se verifica que la carga sobre el vertedero sea menor de 240; si no es así, el programa imprime un letrero en la pantalla diciendo que se verifiquen las condiciones de entrada, ya que, la carga de líquido sobre el vertedero es muy alta, debido a que existe poco vapor y demasiado líquido.
- 13.-Si el método de cálculo es el de Koch y la carga de líquido sobre el vertedero es mayor de 60 gpm/ft de derramadero y el diámetro de la torre es mayor de 4 pies, entonces se propone el uso de un vertedero de relevo, en donde debe cumplirse con las condiciones establecidas en la figura 3.3 y con las ecs.(37)-(39). Además, Koch propone el uso de bajantes inclinadas, por lo cual, se calculan el ancho del cordón ec.(27) y el área en el fondo de la bajante ec.(36). Asimismo es necesario calcular la longitud del vertedero proyectado ec.(50) y la anchura del mismo ec.(49).
- 14.-Con el diseño del vertedero de relevo y de la bajante inclinada, calcular el área neta de válvulas por medio de la ec.(120) y los pies cúbicos netos de aire por la ec.(122).
- 15.-Si el método de cálculo utilizado es el de Glitsch y se cuenta con la geometría del plato, se calcula

FIGURA 4.7 b
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA PRINCIPAL
 (CONTINUACION)



el factor de inundación en el plato, por medio de las ecs. (45) y (46), donde el mayor valor aplica. Si el diseño del plato es tipo Koch, el factor de inundación se calcula por medio de la ec. (47) y en el caso de un plato perforado, se utilizan las mismas ecuaciones propuestas para el método Glitsch

- 16.-Si el factor de inundación en el plato, es mayor que el especificado, tiene que modificarse el diámetro de la torre y con éste se vuelve a calcular la geometría del plato. Si con esto no se consigue modificar el factor de inundación, entonces se incrementa el espaciamento entre platos y se calcula de nuevo todo el plato. Si tampoco se logra que el factor de inundación sea menor que el especificado, aparecerá el letrero "PLATO INUNDADO" y el programa termina.
- 17.-Si el método de cálculo es el de Glitsch o el de perforado, se calcula el factor de inundación en la bajante por medio de la ec. (51) y si el método es el de Koch, se utiliza la ec. (52).
- 18.-Si al comparar las inundaciones en el plato y en la bajante, resultan muy diferentes (más de un 10%), hay que balancearlas para lo cual se aplican las ecs. (54) y (55) y se calcula de nuevo toda la geometría del plato. Si no se pudiera lograr éste acercamiento, entonces se corrige el porcentaje de acercamiento a 15% y se calcula de nuevo toda la geometría del plato utilizando los valores modificados obtenidos en las ecs. (56)-(58) para el área de bajantes.

B.- DISEÑO DEL PLATO

Una vez que se tiene la geometría del plato y el dimensionamiento del mismo, es necesario checar la caída de presión del plato, para lo cual se tienen diferentes caminos, de acuerdo al tipo de plato y/o diseño que se tiene.

B.1 PLATOS PERFORADOS

- 1.-Cálculo de la caída de presión debido a la formación de burbujas ec.(59), al paso por la bajante ecs.(69) y (70), cálculo de la altura efectiva del líquido ecs.(60)-(66) y de la altura del líquido sobre el vertedero ecs.(67) y (68), donde para poder resolver esta última ecuación, es necesario hacer uso de la subrutina para utilizar el algoritmo de Newton-Raphson para resolverla.
- 2.-Cálculo de las áreas mínima y máxima perforada ecs.(79) y (84) y selección del área perforada en base a las ecs.(73) y (74).
- 3.-Cálculo de la caída de presión de plato seco ec.(91) y de las pérdidas de presión totales del vapor a través del plato ec.(92).
- 4.-Cálculo de la caída de presión total ec.(94) y su conversión en unidades convencionales. Cálculo de la carga de líquido sobre el plato ec.(97) y cálculo de las pérdidas de presión del líquido al pasar bajo la bajante y de la altura de líquido sobre la bajante ec.(96).

B.2 PLATOS GLITSCH

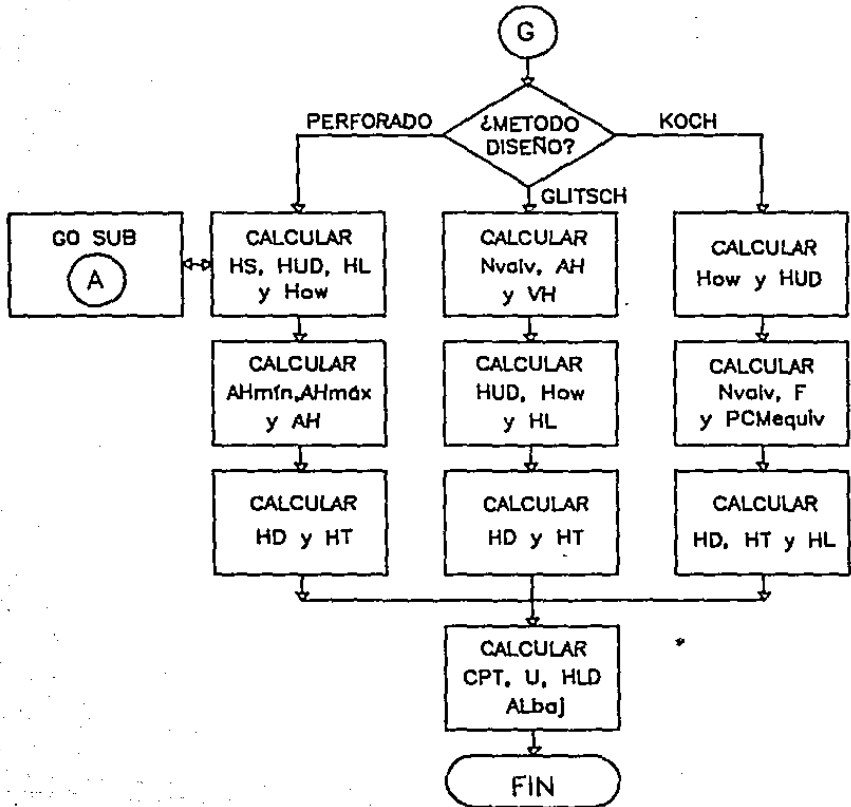
- 1.-Cálculo del número de válvulas que pueden acomodarse en el plato ecs.(101)-(108), del área perforada ec.(109) y de la velocidad del vapor a través del área perforada ec.(110).
- 2.-Cálculo de la caída de presión debido al paso bajo la bajante ecs.(114) y (115), a la altura del líquido sobre el vertedero ec.(111) y debido a la altura clara de líquido ec.(112).
- 3.-Cálculo de las pérdidas de presión de plato seco ec.(100) y de las pérdidas de presión totales a través del plato ec.(113).

- 4.-Cálculo de la caída de presión total ec.(113) y su conversión en unidades convencionales. Cálculo de la carga de líquido sobre el plato ec.(97). Cálculo de las pérdidas de líquido al pasar bajo la bajante y de la altura de líquido sobre la misma ec.(96).

B.3 PLATOS KOCH

- 1.-Cálculo de las pérdidas de presión debido a la altura de líquido sobre el vertedero ec.(119) y de las pérdidas bajo la bajante ec.(116), donde esta última no debe exceder de 1.5 pulgadas, pues de lo contrario debe incrementarse la altura del vertedero. Cálculo de la altura clara de líquido ecs.(60)-(66).
- 2.-Cálculo del número aproximado de válvulas que pueden acomodarse dentro del área activa ec.(123), del factor de corrección debido al espaciamiento entre platos ec.(124) y conversión del flujo de vapor a ft^3/min de aire equivalentes por válvula ecs.(125)-(126).
- 3.-Cálculo de la caída de presión de plato seco, tomando en consideración: el tipo y peso de la válvula y las tablas 3.7 a 3.10. Conversión de ésta a pulgadas de líquido claro ec.(127). Cálculo de la caída de presión de plato húmedo, para lo cual hay que calcular la altura efectiva de líquido sobre el plato ec.(66).
- 4.-Cálculo de la caída de presión total ec.(128) y su conversión en unidades convencionales ec.(94). Cálculo de la carga de líquido sobre el plato ec.(97) y cálculo de las pérdidas de presión del líquido al pasar bajo la bajante ec.(129) y de la altura de líquido sobre el plato ec.(130).

FIGURA 4.7 c
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA PRINCIPAL
 (FINAL)



4.3.3 DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE SALIDA DE DATOS

En este programa se encuentra el algoritmo para la creación de un formato de hoja de datos de proceso para platos, la cual, para una mejor localización de los parámetros de diseño, se ha dividido en varias secciones: encabezados y datos generales, sección, condiciones de operación, criterios de diseño, características de los platos, datos hidráulicos del sistema y metalúrgia. Cada una de éstas secciones se encuentra separada por una línea para una mejor identificación. Un ejemplo de estas se muestra en las figuras 5.1-5.4 en el siguiente capítulo. En la figura 4.8 se muestra un diagrama de flujo del mismo.

El programa inicia con una serie de ecuaciones para la conversión de datos al sistema métrico decimal, ya que, las ecuaciones utilizadas en el programa de diseño, requieren que los valores de las variables se encuentren en unidades del sistema inglés.

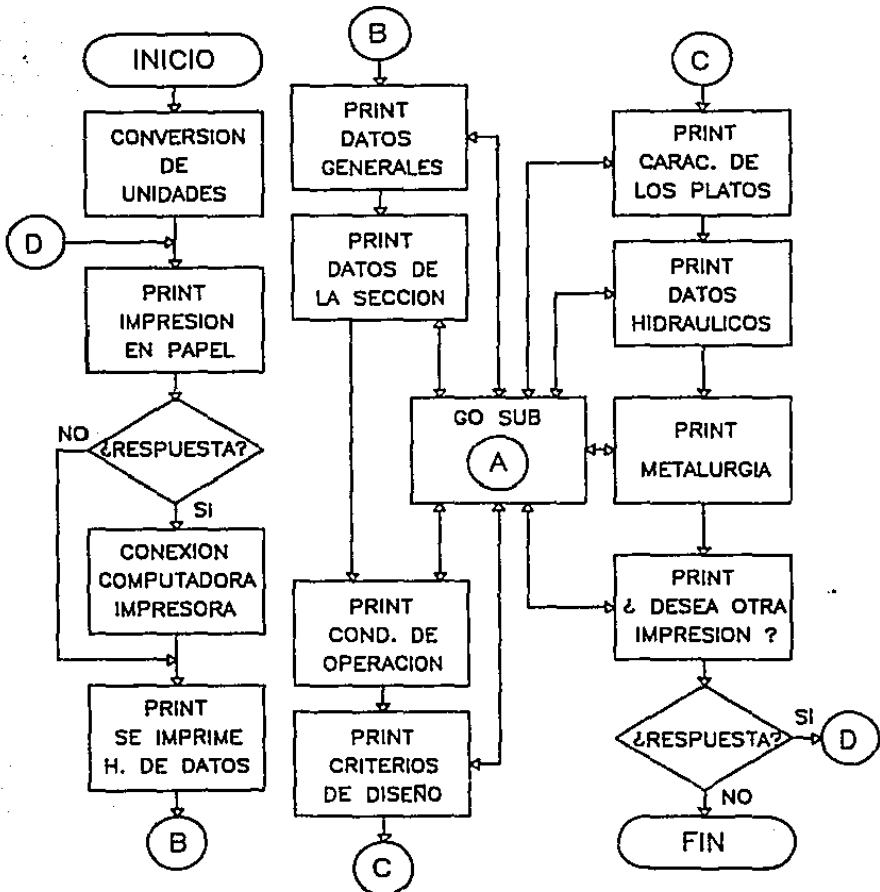
A continuación en la pantalla, aparece el letrero "DESEA IMPRIMIR LA HOJA DE DATOS SI/NO". Si la respuesta es "SI", aparecen los siguientes mensajes "VERIFIQUE QUE LA IMPRESORA ESTE CONECTADA" y "TECLEE <CUALQUIER TECLA> PARA INICIAR" ó < E > PARA EVITARLA", entonces, el programa manda una instrucción para inicializar la impresora y empieza a imprimir la hoja de datos en papel. En caso de que se halla teclado "E", aparecerá el siguiente letrero: "SE IMPRIME LA HOJA DE DATOS EN PANTALLA" y la hoja de datos únicamente aparecerá en la pantalla de la computadora, al igual que cuando no se quiere que se imprima la hoja de datos. Cuando la respuesta no es un "NO" o un "SI" entonces, el programa caerá en un ciclo y repetirá la misma pregunta.

El programa comienza escribiendo una línea de asteriscos que sirve como marco superior y después escribe las diferentes secciones que conforman la hoja de datos. A continuación se mencionan los parámetros que aparecen en cada una de las secciones.

En la sección correspondiente a encabezados y datos generales, se encuentran: el nombre de la planta, el número del proyecto, la localización de la planta, el número de la revisión, la fecha de elaboración, las claves del equipo y de la torre y el servicio que presta la torre. Enseguida se escribe el número de platos de la sección y el plato crítico de la misma.

En la sección de condiciones de operación se escriben: la densidad y el flujo tanto del líquido como del vapor, las temperaturas del líquido y del vapor, la presión de la torre y si se trata de un plato perforado se escribe la tensión superficial del líquido.

FIGURA 4.8
 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA
 DE SALIDA DE DATOS



En la sección de criterios de diseño se encuentran: el factor de inundación y la caída de presión máxima por plato y, además, en el caso de un plato perforado se escribe el factor de goteo.

En la sección de características de los platos, se encuentran: el tipo de plato (valvulado o perforado), el diámetro de la torre, el espaciamiento entre platos, el número de pasos, las áreas activa y de la bajante, el tipo de bajantes (rectas o inclinadas) y la altura del vertedero. En el caso de un plato perforado se incluye el diámetro del orificio y en el de un plato valvulado el tipo y número de unidades de contacto.

En la sección de datos hidráulicos del sistema se encuentran: el factor de espuma, el porcentaje de inundación a capacidad normal, la altura del líquido en la bajante y sobre el vertedero, la caída de presión por plato y por sección y la carga de líquido sobre el plato.

En la sección de metalurgia se escriben: los códigos del material del plato y de la bajante para un plato perforado y además en el caso de un plato perforado, el material de la misma.

La hoja de datos termina escribiendo una línea de asteriscos que sirve para delimitar el marco inferior de la misma.

Al final del programa se pregunta "DESEA OTRA IMPRESION SI/NO", si la respuesta es "SI" entonces se imprimirá otra vez la hoja de datos (por pantalla y/o en papel), en caso contrario, aparece el letrero "FIN DEL PROGRAMA DE PLATOS" y el programa termina.

5.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados, la comparación y discusión de algunas de las corridas efectuadas para verificar el buen funcionamiento del programa.

5.1 CORRIDAS EFECTUADAS

En las figuras 5.1 a 5.4, se muestran 4 ejemplos de distintas corridas, con los siguientes tipos de platos: plato valvulado tipo Glitsch, plato valvulado tipo Koch, plato perforado con diseño Glitsch y plato perforado con diseño Koch; cuyas condiciones de operación fueron extractadas de las siguientes fuentes: Manual de diseño de platos Glitsch, Manual de diseño de platos Koch, libro de destilación de Ludwig y del libro de destilación de Van Winkle respectivamente (ver bibliografía).

Al examinarlas, puede observarse que, éstas hojas de datos presentan diferentes formatos. ya que, se necesita un formato para platos valvulados y otro para perforados. Debido a que para un plato perforado es necesario conocer únicamente el diámetro de la perforación, mientras que para uno valvulado es necesario conocer el tipo y número de unidades de contacto.

Las condiciones de alimentación con las que se obtuvieron estas hojas aparecen en las tablas 5.1 a 5.3, en estas se encuentran las distintas condiciones o parámetros que es necesario alimentar para cada tipo de plato. Al comparárlas entre sí, se pueden observar ciertas diferencias, las cuales se encuentran dentro del bloque denominado condiciones propias del tipo de plato. Para cualquier duda sobre alguna de ellas, consultar el capítulo 4. Cabe aclarar que en estas hojas no aparecen como datos de alimentación, los datos correspondientes al bloque de datos generales en la hoja de datos de diseño, ni los datos de la sección, ni los datos de metalurgia, ya que éstos pueden verse en la hoja de datos correspondiente a cada ejemplo (figuras 5.1 a 5.4) y no intervienen en el diseño del plato.

FIGURA 5.1

HOJA DE DATOS DE PLATOS VALVULADOS TIPO GLITSCH

MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROYECTOS *		
HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA PLATOS *		
* PLANTA: EJEMPLO MANUAL DE DISEÑO GLITSCH	PROYECTO: TESIS	*
* LOCALIZACION: HOUSTON	REVISION:	*
* CLAVE DEL EQUIPO: P-101-107	FECHA: 01-09-88	*
* CLAVE DE LA TORRE: E-5		*
* SERVICIO: TORRE SEPARADORA DE CS'S		*

SECCION		
* NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION	* 75	*
* PLATO CRITICO DE LA SECCION	* 1	*

CONDICIONES DE OPERACION		
* VAPOR DENSIDAD G/CM3 A P.T	* .044	*
* FLUJO KG/HR	* 123261	*
* LIQUIDO DENSIDAD G/CM3 A P.T	* .4702	*
* FLUJO KG/HR	* 117631.4	*
* TEMPERATURA LIQUIDO 600.CENT.	* 20	*
* VAPOR 600.CENT.	* 20	*
* PRESION KG/CM2 MAN	* 1	*

CRITERIOS DE DISEÑO		
* FACTOR DE INUNDACION	* .7	*
* CAIDA DE PRESION MAXIMA POR PLATO MMHG	* 7.8	*

CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS		
* TIPO DE PLATO	* VALVULADO	*
* DIAMETRO MM	* 2705	*
* ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS MM	* 508	*
* NUMERO DE PASOS	* 2	*
* AREA ACTIVA M2	* 3.94	*
* AREA DE BAJANTES M2	* .845	*
* TIPO DE BAJANTES	* RECTAS	*
* ALTURA DEL VERTEDERO MM	* 51	*
* TIPO DE UNIDADES DE CONTACTO	* V-1	*
* NUMERO DE UNIDADES POR PLATO	* 429	*

DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA		
* FACTOR DE ESPUMA	* 1	*
* % DE INUNDACION A CAPACIDAD NORMAL	* 70	*
* ALTURA DE LIQUIDO EN LAS BAJANTES MM	* 207	*
* ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO MM	* 34	*
* CAIDA DE PRESION POR PLATO MMHG	* 3.6	*
* CAIDA DE PRESION POR SECCION MMHG	* 5.2	*
* CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO KG	* 120.01	*

METALURGIA		
* PLATO	* AC-CARBON 16GA	*
* BAJANTE	* AC-CARBON 16GA	*
* UNIDADES DE CONTACTO	* A.I-410 16GA.	*

FIGURA 5.2

HOJA DE DATOS DE PLATOS VALVULADOS TIPO KOCH

```

*****
* MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROYECTOS *
* HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA PLATOS *
* PLANTA: EJEMPLO MANUAL DE DISENO KOCH. PROYECTO: TESIS *
* LOCALIZACION: NEW YORK REVISION: *
* CLAVE DEL EQUIPO: P10 FECHA: 01-09-88 *
* CLAVE DE LA TORRE: T-101 *
* SERVICIO: TORRE DE ACEITE LIGERO *
*-----*
* SECCION *
* NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION * 1 *
* PLATO CRITICO DE LA SECCION * 10 *
*-----*
* CONDICIONES DE OPERACION *
* VAPOR DENSIDAD G/CM3 A P.T * .016 *
* FLUJO KG/HR * 40860 *
* LIQUIDO DENSIDAD G/CM3 A P.T * .497 *
* FLUJO KG/HR * 67726.8 *
* TEMPERATURA LIQUIDO GDO.CENT. * 20 *
* VAPOR GDO.CENT. * 20 *
* PRESION KG/CM2 MAN * 1 *
*-----*
* CRITERIOS DE DISENO *
* FACTOR DE INUNDACION * .85 *
* CAIDA DE PRESION MAXIMA POR PLATO MMHG * 7.8 *
*-----*
* CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS *
* TIPO DE PLATO * VALVULADO *
* DIAMETRO MM * 1676 *
* ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS MM * 457 *
* NUMERO DE PASOS * 2 *
* AREA ACTIVA M2 * 1.631 *
* AREA DE BAJANTES M2 * .43 *
* TIPO DE BAJANTES * INCLINADAS *
* ALTURA DEL VERTEDERO MM * 64 *
* TIPO DE UNIDADES DE CONTACTO * A *
* NUMERO DE UNIDADES POR PLATO * 197 *
*-----*
* DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA *
* FACTOR DE ESPUMA * 1 *
* % DE INUNDACION A CAPACIDAD NORMAL * 83 *
* ALTURA DE LIQUIDO EN LAS BAJANTES MM * 159 *
* ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO MM * 35 *
* CAIDA DE PRESION POR PLATO MMHG * 3.9 *
* CAIDA DE PRESION POR SECCION MMHG * .08 *
* CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO KG * 65.72 *
*-----*
* METALURGIA *
* PLATO * AC-CARBON 16GA *
* BAJANTE * AC-CARBON 16GA *
* UNIDADES DE CONTACTO * A-1.410 16GA *
*****

```



FIGURA 5.3

HOJA DE DATOS DE PLATOS PERFORADOS CON DISEÑO GLITSCH

```

*****
* MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROYECTOS *
* HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA PLATOS *
* PLANTA: EJEMPLO DEL LIBRO DE LUDWIG * PROYECTO: TESIS *
* LOCALIZACION: E.U.A. * REVISION: *
* CLAVE DEL EQUIPO: P-101-145 * FECHA: 01-09-88 *
* CLAVE DE LA TORRE: 7-102 *
* SERVICIO: TORRE CLORINADORA DE HC'S *
*-----*
* SECCION *
* NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION * 45 *
* PLATO CRITICO DE LA SECCION * 23 *
*-----*
* CONDICIONES DE OPERACION *
* VAPOR DENSIDAD G/CM3 A P.T * .0108 *
* FLUJO KG/HR * 6148.8 *
* LIQUIDO DENSIDAD G/CM3 A P.T * 1.3627 *
* FLUJO KG/HR * 6840.4 *
* TENSION SUPERFICIAL DINAS/CM * 20 *
* TEMPERATURA LIQUIDO GDO-CENT. * 20 *
* VAPOR GDO-CENT. * 20 *
* PRESION KG/CM2 MAN * 1 *
*-----*
* CRITERIOS DE DISEÑO *
* FACTOR DE INUNDACION * .72 *
* FACTOR DE GOTEO * .6 *
* CAIDA DE PRESION MAXIMA POR PLATO MMHG * 7.8 *
*-----*
* CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS *
* TIPO DE PLATO * PERFORADO *
* DIAMETRO MM * 761 *
* ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS MM * 229 *
* NUMERO DE PASOS * 1 *
* AREA ACTIVA M2 * .020 *
* AREA DE BAJANTES M2 * .051 *
* TIPO DE BAJANTES * RECTAS *
* ALTURA DEL VERTEDEPO MM * 25 *
* DIAMETRO DEL ORIFICIO MM * 5 *
*-----*
* DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA *
* FACTOR DE ESPUMA * .75 *
* % DE INUNDACION A CAPACIDAD NORMAL * 72 *
* ALTURA DE LIQUIDO EN LAS BAJANTES MM * 92 *
* ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDEPO MM * 12 *
* CAIDA DE PRESION POR PLATO MMHG * 5.3 *
* CAIDA DE PRESION POR SECCION MMHG * 3.57 *
* CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO KG * 14 *
*-----*
* METALURGIA *
* PLATO * AC. AL CARBON *
* BAJANTE * AC. AL CARBON *
*****

```

FIGURA 5.4

HOJA DE DATOS DE PLATOS PERFORADOS CON DISEÑO KOCH

```

*****
* MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROYECTOS *
* HOJA DE DATOS DE PROCESO PARA PLATOS *
* PLANTA: EJEMPLO DEL LIBRO DE VAN WINKLE PROYECTO: TESIS *
* LOCALIZACION: E.U.A. REVISION: *
* CLAVE DEL EQUIPO: P-15 FECHA: 01-09-68 *
* CLAVE DE LA TORRE: T-103 *
* SERVICIO: *
*****
* SECCION *
* NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION * 1 *
* PLATO CRITICO DE LA SECCION * 15 *
*****
* CONDICIONES DE OPERACION *
* VAPOR DENSIDAD G/GMS A P.T * 3E-03 *
* FLUJO KG/HR * 3028.2 *
* LIQUIDO DENSIDAD G/GMS A P.T * .715 *
* FLUJO KG/HR * 6244.6 *
* TENSION SUPERFICIAL DINAS/CM * 13 *
* TEMPERATURA LIQUIDO GDO-CENT. * 88.33 *
* VAPOR GDO-CENT. * 88.33 *
* PRESION KG/CM2 MAN * 1.4 *
*****
* CRITERIOS DE DISENO *
* FACTOR DE INUNDACION * .8 *
* FACTOR DE GOTEO * .7 *
* CAIDA DE PRESION MAXIMA POR PLATO MMHG * 7.8 *
*****
* CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS *
* TIPO DE PLATO * PERFORADO *
* DIAMETRO MM * 761 *
* ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS MM * 457 *
* NUMERO DE PASOS * 1 *
* AREA ACTIVA M2 * .333 *
* AREA DE BAJANTES M2 * .058 *
* TIPO DE BAJANTES * RECTAS *
* ALTURA DEL VERTEDERO MM * 38 *
* DIAMETRO DEL ORIFICIO MM * 6 *
*****
* DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA *
* FACTOR DE ESPUMA * .6 *
* % DE INUNDACION A CAPACIDAD NORMAL * 48 *
* ALTURA DE LIQUIDO EN LAS BAJANTES MM * 188 *
* ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO MM * 21 *
* CAIDA DE PRESION POR PLATO MMHG * 6.6 *
* CAIDA DE PRESION POR SECCION MMHG * .13 *
* CARGA DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO KG * 14.01 *
*****
* METALURGIA *
* PLATO * AC. AL CARBON *
* BAJANTE * AC. AL CARBON *
*****

```


TABLA 5.1
DATOS ALIMENTADOS AL EJEMPLO DEL MANUAL GLITSCH

Tipo de plato y/o diseño	Glitsch
CONDICIONES DE OPERACION	
Gasto de vapor, lb/Hr	271500
Gasto de liquido, lb/Hr	259100
Temperatura del vapor, °C	-
Temperatura del liquido, °C	-
Densidad del vapor, lb/ft ³	2.75
Densidad del liquido, lb/ft ³	29.33
Presión del sistema, psia	14.7
Diámetro aproximado de la torre, ft	9
CRITERIOS DE DISEÑO	
Factor de inundación	0.70
Altura del vertedero, in	2
Caida de Presión máxima por plato, psi	0.15
Factor del sistema	1.00
Espaciamiento inicial entre platos, in	20
Espaciamiento mínimo entre platos, in	12
CONDICIONES PROPIAS DEL TIPO DE PLATO	
Tipo de unidades de contacto	V-1
Espesor del plato, in	0.134
Calibre de la válvula, gage	16
Material de la válvula	Acero Inoxidable

TABLA 5.2
 DATOS ALIMENTADOS AL EJEMPLO DEL MANUAL KOCH

Tipo de plato y/o diseño	Koch
CONDICIONES DE OPERACION	
Gasto de vapor, lb/Hr	90000
Gasto de líquido, lb/Hr	149178
Temperatura del vapor, °C	-
Temperatura del líquido, °C	-
Densidad del vapor, lb/ft ³	1
Densidad del líquido, lb/ft ³	31
Presión del sistema, psia	14.7
Diámetro aproximado de la torre, ft	6
CRITERIOS DE DISEÑO	
Factor de inundación	0.85
Altura del vertedero, in	2.5
Caída de Presión máxima por plato, psi	0.15
Factor del sistema	1.0
Espaciamiento inicial entre platos, in	18
Espaciamiento mínimo entre platos, in	12
CONDICIONES PROPIAS DEL TIPO DE PLATO	
Tipo de válvula	A
Calibre de la válvula, gage	16
Tipo de pitch	3" X 2½"

TABLA 5.3

DATOS ALIMENTADOS A LOS EJEMPLOS DE PLATOS PERFORADOS

Tipo de plato y diseño	Perforado Koch ⁺	Perforado Glitsch [*]
CONDICIONES DE OPERACION		
Gasto del vapor, lb/Hr	13539.312	6670
Gasto de líquido, lb/Hr	15067.050	18160
Temperatura del vapor, °C	-	88.33
Temperatura del líquido, °C	-	88.33
Densidad del vapor, lb/ft ³	0.674	0.190
Densidad del líquido, lb/ft ³	85	44.6
Presión del sistema, psia	14.7	20
Diámetro aproximado de la torre, ft	2.5	2.5
Tensión Superficial, dinas/cm	20	13
CRITERIOS DE DISEÑO		
Factor de inundación	0.72	0.80
Altura del vertedero, in	1	1.5
Caida de Presión máxima por plato, psi	0.15	0.15
Factor del sistema	0.60	0.60
Espaciamiento inicial entre platos, in	9	18
Espaciamiento mínimo entre platos, in	9	12
CONDICIONES PROPIAS DEL TIPO DE PLATO		
Factor de Goteo	0.60	0.70
Espesor del plato, in	1/8	0.0825
Diámetro del orificio, in	3/16	1/4

+ Datos tomados del libro de Ludwig

* Datos tomados del libro de Van Winkle

5.2 COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA DIFERENTES PLATOS

Para poder comprobar el programa con resultados reales, se tomaron los ejemplos que se encontraron en la literatura comercial y posteriormente basándose en estas mismas condiciones de alimentación se corrieron los demás tipos de platos. Esta comparación aparece en las tablas 5.4 a 5.7, las cuales se discutirán en seguida:

EJEMPLO 1

En la tabla 5.4 aparece la comparación de los resultados de los distintos diseños de platos que puede realizar el programa, para las condiciones de alimentación que aparecen en el manual de Glitsch. Estas condiciones no aparecen en esta tabla, para tratar de simplificar la comparación, ya que, no varían entre los diferentes diseños de platos, pero pueden consultarse en la tabla 5.1.

En la primera columna de esta tabla, aparecen los parámetros de diseño tal y como están reportados en el manual de Glitsch. En la siguiente columna aparece el diseño para un plato valvulado tipo Glitsch realizado por el programa de computadora y en las siguientes columnas, se encuentran las otras opciones de diseño de platos que puede calcular el programa.

Al comparar el diseño del manual Glitsch, con el diseño de plato valvulado tipo Glitsch del programa, se observa que el diseño del programa da un diámetro de la torre menor en 38 mm (1 1/4"), lo cual se debe a que el programa emplea un redondeo del diámetro de la columna a 1/8 pie, mientras que el manual redondea a 1/2 pie, lo cual implica también que el área activa y el área de bajantes del plato sean menores en aproximadamente un 2%. El programa calcula un número de válvulas menor en un 20%, ya que el programa selecciona la menor separación entre válvulas y no permite actualmente que el usuario lo modifique. El porcentaje de inundación es mayor en un 2%. La altura del líquido en las bajantes resultó un poco mayor (3%), ya que el área de bajantes es menor, lo cual causa que se incremente la altura del líquido en las bajantes y a su vez se registre un aumento en la caída de presión de 5.5%.

Al comparar el diseño de plato valvulado tipo Glitsch calculado por el programa con los distintos diseños calculados por el programa, se observa que:

El diseño del plato valvulado tipo Koch presenta un diámetro de la torre menor (3%) y por consiguiente una menor área activa (10%), pero una mayor área de bajantes (2%), lo cual provoca que disminuya la altura del líquido en las

TABLA 5.4
TABLA COMPARATIVA DEL EJEMPLO DEL MANUAL GLITSCH

CRITERIOS DE DISEÑO					
Tipo de plato y/o Diseño	Válvulas Glitsch	Válvulas Glitsch	Válvulas Koch	Perforado Glitsch	Perforado Koch
Factor de inundación	0.70	0.70	0.85	0.70	0.70
Factor de goteo	-	-	-	0.60	0.60
CARACTERÍSTICAS DE LOS PLATOS					
Diámetro de la torre, mm	2743	2705	2609	2705	2819
Espaciamiento entre platos, mm	508	508	508	508	508
Número de pasos	2	2	2	2	2
Área activa, m ²	3.99	3.94	3.581	3.94	4.255
Área de bajantes, m ²	0.859	0.845	0.860	0.845	0.931
Tipo de bajantes	RECTAS	RECTAS	INCLINADAS	RECTAS	RECTAS
Altura del vertedero, mm	51	51	76	51	51
Tipo/número de unidades de contacto	V-1 / 534	V-1 / 429	A / 320	-	-
Diámetro del orificio, mm	-	-	-	10	10
DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA					
Factor de espuma	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
% de inundación a cap. normal	68.6	70.0	77.0	70.0	70.0
Altura de liq. en bajantes, mm	200	207	176	186	186
Altura de liq. en vertedero, mm	34	34	42	6	6
Caida de Presión por plato, mmHg	3.4	3.6	3.8	3.7	3.9
Carga de liq. sobre el plato, Kg	128.53	120.01	162.04	139.61	153.36

bajantes, pero que incrementa la caída de presión (6%). También este tipo de plato presenta un mayor número de válvulas (21%). Estas diferencias se deben principalmente a que Koch recomienda para este tipo de platos un factor de inundación de 0.85, una altura del vertedero de 76 mm y un factor de espuma de 0.9, además el plato Koch presenta una carga del líquido sobre el vertedero mayor debido a que se incrementó la altura del vertedero.

Las diferencias entre el plato valvulado tipo Glitsch y el plato perforado diseño Glitsch se presentan en la parte de datos hidráulicos del sistema: donde el plato perforado presenta un porcentaje de inundamiento menor (9%), una mayor altura del líquido en las bajantes (5%) y por tanto una mayor caída de presión (3%), pero una menor carga del líquido sobre el vertedero (14%).

En cuanto a las diferencias del plato valvulado tipo Glitsch calculado por el programa y el plato perforado con diseño Koch puede verse que: el diámetro de la torre resulta mayor en un 4%, el área activa en un 8% y el área de bajantes en un 10%, pero la altura del líquido en las bajantes es menor en un 10%. La altura del líquido sobre el vertedero es menor en un 82%, pero la caída de presión aumenta en un 8% y la carga del líquido sobre el vertedero en un 22%. Estas diferencias se debieron a que no se respetaron algunas condiciones que el manual Koch recomienda, como son el factor de inundación y el factor de espuma.

EJEMPLO 2

En la tabla 5.5 aparecen reportados los datos del ejemplo del manual Koch comparados contra los resultados obtenidos por el programa, para otros tipos de platos y/o diseños:

Al comparar el diseño reportado en el manual de Koch, con el diseño de plato valvulado tipo Koch obtenido por el programa, para las condiciones mostradas en la tabla 5.2, se observa que: el programa calcula un diámetro de la torre menor (8%) y por consiguiente una menor área activa y área de bajantes en un (5%). Asimismo requiere una menor cantidad de válvulas (20%), debido a que el programa considera una disminución de 15% por pérdidas en el aro soporte, vigas, canales y entrada de hombre, en platos mayores de 4 pies de diámetro. Presenta un mayor porcentaje de inundación (13%), una menor altura del líquido en las bajantes (9%), y una mayor caída de presión (8%).

Al comparar el diseño del plato valvulado tipo Koch calculado por el programa con el diseño de plato valvulado tipo Glitsch se observa que: el diseño Glitsch propone un diámetro de la torre mayor (10%) y por tanto una mayor área

TABLA 5.5
TABLA COMPARATIVA DEL EJEMPLO DEL MANUAL KOCH

CRITERIOS DE DISEÑO					
Tipo de plato y/o Diseño	Válvulas Koch	Válvulas Koch	Válvulas Glitsch	Perforado Glitsch	Perforado Koch
Factor de inundación	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Factor de goteo	-	-	-	0.69	0.69
CARACTERÍSTICAS DE LOS PLATOS					
Diámetro de la torre, mm	1829	1676	1829	1715	1791
Espaciamiento entre platos, mm	457	457	457	457	457
Número de pasos	2	2	1	2	2
Área activa, m ²	1.716	1.631	1.775	1.491	1.591
Área de bajantes, m ²	0.455	0.430	0.376	0.376	0.425
Tipo de bajantes	INCLINADAS	INCLINADAS	RECTAS	RECTAS	RECTAS
Altura del vertedero, mm	64	64	64	64	64
Tipo/Número de unidades de contacto	A / 246	A / 197	V-1 / 240	-	-
Diámetro del orificio, mm	-	-	-	10	10
DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA					
Factor de espuma	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
% de inundación a cap. normal	75	83	85	85	85
Altura de liq. en bajantes, mm	180	159	245	219	219
Altura de liq. en vertedero, mm	36	35	48	5	5
Caída de Presión por plato, mmHg	3.8	3.9	4.3	5.0	5.1
Carga de liq. sobre el plato, Kg	74.93	65.72	68.24	70.15	78.19

activa y área de bajantes en aproximadamente 10%. Presenta un número de válvulas mayor (22%) y un número de pasos menor. Los demás parámetros que se encuentran en el bloque de características de los platos son muy parecidos a los reportados por Koch en su manual.

En lo que se refiere a hidráulica puede observarse que el plato valvulado tipo Glitsch presenta las siguientes diferencias con respecto al plato Koch calculado por el programa: una mayor altura del líquido en las bajantes (50%), ya que el área de bajantes es menor, una altura del líquido sobre el vertedero mayor (37%), una caída de presión mayor en un 10% y una carga del líquido sobre el vertedero mayor (4%).

Al comparar el diseño de plato valvulado tipo Koch calculado por el programa contra el diseño de plato perforado con diseño Glitsch, se observa que éste último presenta las siguientes diferencias: un mayor diámetro de la torre (2%), una menor área activa (8%), una menor área de bajantes (12%), debido a que el tipo de bajantes es diferente, ya que Koch recomienda el empleo de bajantes inclinadas. En lo referente a la hidráulica del plato tenemos que: el plato perforado con diseño Glitsch presenta una altura del líquido en las bajantes 27% mayor, una altura del líquido sobre el vertedero menor, una caída de presión 28% mayor y una carga del líquido sobre el vertedero 7% mayor.

Al comparar el diseño del plato valvulado tipo Koch calculado por el programa con el diseño del plato perforado con diseño Koch puede verse que en éste último, el diámetro de la torre aumenta en un 6%, el área activa y el área de bajantes disminuyen en un 2%. La altura del líquido en la bajante aumenta en un 27%, la altura del líquido sobre el vertedero disminuye, pero la caída de presión aumenta en un 24% y la carga del líquido sobre el vertedero aumenta en un 16%.

EJEMPLO 3

En la tabla 5.6 aparece la comparación de diferentes tipos de platos, empleando las condiciones de operación que aparecen en el libro de Ludwig (ver tabla 5.3). En esta comparación se observa que: se supuso un valor de factor de inundación de 0.72, un factor de goteo de 0.60 y un factor de espuma de 0.60 para todos los diseños, debido a que el algoritmo propuesto en este libro no utiliza éstos factores.

Al comparar el diseño del libro contra el diseño de plato perforado con diseño Koch se observa que, en el plato calculado, el diámetro de la torre aumenta en un 10%, el área activa es mayor (6%), el área de bajantes es mayor (25%), debido al tipo de bajantes empleadas, por lo que la

TABLA 3.0
TABLA COMPARATIVA DEL EJEMPLO DEL LIBRO LUDWIG

CRITERIOS DE DISEÑO					
Tipo de plato y/o Diseño	Perforado	Perforado Koch	Perforado Glitsch	Valvulas Glitsch	Valvulas Koch
Factor de inundación	nd*	0.72	0.72	0.72	0.72
Factor de goteo	nd*	0.60	0.60	-	-
CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS					
Diametro de la torre, mm	761	838	761	761	800
Espaciamiento entre platos, mm	229	229	229	229	229
Número de pasos	1	1	1	1	1
Area activa, m ²	0.365	0.389	0.367	0.367	0.389
Area de bajantes, m ²	0.046	0.062	0.041	0.041	0.062
Tipo de bajantes	SEGMENTADAS	RECTAS	RECTAS	RECTAS	INCLINADAS
Altura del vertedero, mm	25	25	25	25	25
Tipo/Número de unidades de contacto	-	-	-	V-1 / 30	A / 57
Diametro del orificio, mm	5	5	5	-	-
DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA					
Factor de espuma	nd*	0.60	0.60	0.60	0.60
% de inundación a cap. normal	nd*	72	43	43	69
Altura de liq. en bajantes, mm	110	92	92	93	62
Altura de liq. en vertedero, mm	13	12	13	10	11
Caida de Presion por plato, mmHg	6.2	5.4	5.2	5.6	3.8
Carga de liq. sobre el plato, Kg	24.46	17.72	14.36	10.25	15.12

* nd = no disponible

altura del líquido en las bajantes es menor en un 19%. La altura del líquido sobre el vertedero es menor en un 8% y la caída de presión es menor en un 15%.

Al comparar el diseño del libro contra el diseño del plato perforado con diseño Glitsch, se observa que en el diseño calculado por el programa; el diámetro de la torre es igual, el área activa aumenta en un 1% y el área de bajantes decrece en un 2%. Con lo que la altura del líquido en las bajantes disminuye en un 20% y la caída de presión disminuye 19%.

Finalmente al observar los diseños de plato valvulado tipo Glitsch y de plato valvulado tipo Koch, se ve que los parámetros varían aproximadamente igual que las comparaciones descritas anteriormente, ya que al modificar el factor del sistema en el plato valvulado tipo Glitsch se obtiene un diseño de plato parecido al del plato perforado con diseño Glitsch y el diseño del plato valvulado tipo Koch se parece al del plato perforado con diseño Koch. Las diferencias en estos últimos son mayores, porque el programa al tratar de balancear las inundaciones en el plato y en la bajante modifica el diámetro.

EJEMPLO 4

En la tabla 5.7 aparece la comparación del resultado del diseño, para diferentes tipos de platos, empleando las condiciones de operación que aparecen en la tabla 5.3, mismas que fueron extraídas del libro de Van Winkle. En esta tabla y a modo de comparación se propuso un factor de espuma de 0.60 a fin de que los platos diseñados dieran un plato similar al del ejemplo del libro, ya que el libro no especifica el tipo de fluido utilizado.

Al comparar el diseño reportado por el libro con el diseño de plato perforado con método Glitsch, se observa que en este último, se registran las siguientes diferencias: el área activa disminuye en un 9%, el área de bajantes aumenta en 29%, el porcentaje de inundación disminuye 35%, la altura de líquido en las bajantes aumenta 82%, la altura del líquido en el vertedero disminuye 9% y la caída de presión aumenta al doble.

Al comparar el diseño del libro con el del plato perforado con diseño Koch, se observa que en este último suceden los siguientes cambios: el área activa disminuye en un 13%, el área de bajantes aumenta en 42%, el porcentaje de inundación aumenta 8%, la altura de líquido en las bajantes aumenta 81%, la altura del líquido en el vertedero disminuye 9% y la caída de presión aumenta al doble.

Al comparar los dos diseños de platos perforados, se ve que: el de Glitsch presenta una área activa mayor (4%),

TABLA 3.7
TABLA COMPARATIVA DEL EJEMPLO DEL LIBRO VAN WINKLE

CRITERIOS DE DISEÑO					
Tipo de plato y/o Diseño	Perforado	Perforado Glitach	Perforado Koch	Válvulas Glitach	Válvulas Koch
Factor de inundación	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Factor de goteo	nd*	0.70	0.70	-	-
CARACTERISTICAS DE LOS PLATOS					
Diámetro de la torre, mm	761	761	761	761	761
Espaciamiento entre platos, mm	457	457	457	457	457
Número de pasos	1	1	1	1	1
Area activa, m ²	0.366	0.333	0.320	0.333	0.320
Area de bajantes, m ²	0.045	0.058	0.064	0.058	0.064
Tipo de bajantes	RECTAS	RECTAS	RECTAS	RECTAS	INCLINADAS
Altura del vertedero, mm	38	38	38	38	38
Tipo/Número de unidades de contacto	-	-	-	V-1 / 24	A / 53
Diámetro del orificio, mm	6	6	6	-	-
DATOS HIDRAULICOS DEL SISTEMA					
Factor de espuma	nd*	0.60	0.60	0.60	0.60
% de inundación a cap. normal	73.8	48	80	48	80
Altura de liq. en bajantes, mm	103	188	187	181	97
Altura de liq. en vertedero, mm	23	21	21	17	20
Caida de Presión por plato, mmHg	3.3	6.6	6.6	6.4	3.3
Carga de liq. sobre el plato, Kg	13.28	14.01	14.42	11.14	10.32

* nd = no disponible

pero una menor área de bajantes (9%) y un menor porcentaje de inundación (66%). Mientras que los demás parámetros no cambian apreciablemente.

Al comparar los diseños de platos valvulados tipo Glitsch y Koch, con sus respectivos métodos de diseño en los platos perforados, vemos que: los parámetros del bloque de características de los platos son iguales. Las diferencias se encuentran en el bloque de datos hidráulicos, donde para el caso del diseño del plato valvulado tipo Glitsch, la altura del líquido en las bajantes disminuye en 3%, la altura sobre el vertedero disminuye 19%, la caída de presión disminuye 3% y la carga de líquido sobre el vertedero disminuye 23%.

Para el caso de diseño de válvulas tipo Koch, éstas diferencias son más notorias, ya que: la altura de líquido en las bajantes disminuye en 50%, la altura de líquido en el vertedero disminuye en 5%, la caída de presión disminuye al 50% y la carga del líquido sobre el vertedero disminuye en un 28%.

5.3 VARIACION DE LOS PARAMETROS DE ALIMENTACION

El programa no es capaz por si mismo de hacer una optimización del diseño de un plato debido a la poca disponibilidad de memoria de la microcomputadora, por lo cual, es necesario mover los diferentes parámetros de entrada a fin de obtener, varios diseños y mas tarde seleccionar el mejor diseño del plato (diseño óptimo).

Durante las pruebas efectuadas para la verificación del programa, se realizaron diferentes corridas modificando los parámetros de entrada, como puede observarse en algunas de las tablas comparativas del ejemplo anterior. Con estos cambios se intentó obtener una correlación a fin de calcular el porcentaje de variación de cada variable, lo cual no pudo efectuarse, ya que los parámetros no siguen la misma variación de un ejemplo a otro, debido a cálculos internos, redondeos, etc. que suceden dentro del programa.

A continuación se describen algunos de los parámetros de diseño afectados, cuando se modifica un parámetro de entrada y se mantienen constantes los demás.

FACTOR DE INUNDACION

Un aumento en el factor de inundación provoca:

- disminución del diámetro de la columna
- disminución del area activa
- disminución del área de bajantes
- incremento en el porcentaje de inundación
- incremento en la altura de líquido en las bajantes
- incremento en la altura de líquido en el vertedero
- disminución de la caída de presión
- disminución de la carga de líquido sobre el plato

en el caso de un plato valvulado causa además:

- disminución en el número de válvulas

Por el contrario una disminución en el factor de inundación, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

ALTURA DEL VERTEDERO

Un aumento en la altura del vertedero causa:

- incremento en la altura de líquido en las bajantes
 - incremento en la caída de presión
 - incremento de la carga de líquido sobre el plato
- por el contrario una disminución causará los cambios inversos.

FACTOR DEL SISTEMA

Una reducción en el factor del sistema o factor de espuma, provocará los siguientes cambios:

- incremento en el diámetro de la columna
- incremento en el área activa
- incremento en el área de bajantes
- disminución en la altura de líquido en el vertedero
- incremento de la caída de presión
- incremento de la carga de líquido sobre el plato

en el caso de un plato valvulado causará además:

- incremento en el número de válvulas

Por el contrario un aumento en el factor del sistema, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

ESPACIAMIENTO INICIAL ENTRE PLATOS

Una reducción en el espaciamiento inicial entre platos, provocará los siguientes cambios:

- incremento en el área activa
- incremento en el área de bajantes
- disminución en el porcentaje de inundación a capacidad normal
- disminución en la altura de líquido en la bajante
- incremento de la carga de líquido sobre el plato

Por el contrario un aumento en el espaciamiento entre platos, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

Los siguientes parámetros aplican solo para platos perforados:

FACTOR DE GOTEO

Una disminución en el factor de goteo, provocará los siguientes cambios:

- incremento en la altura de líquido en las bajantes
- incremento de la carga de líquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el factor de goteo, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

DIAMETRO DEL ORIFICIO

Un aumento en el diámetro del orificio, provocara los siguientes cambios:

- incremento en la altura de liquido en las bajantes
- incremento en la caída de presión
- incremento de la carga de liquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el diámetro del orificio, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

Los siguientes parámetros aplican únicamente para platos tipo Glitsch.

ESPESOR DEL PLATO

Un aumento en el espesor del plato, provoca los siguientes cambios:

- incremento en la altura de liquido en la bajante
- incremento en la caída de presión
- incremento en la carga de liquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el espesor del plato, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

CALIBRE DE LA VALVULA

Un aumento en el calibre de la válvula, provoca los siguientes cambios:

- incremento en la altura de liquido en las bajantes
- incremento en la caída de presión
- incremento en la carga de liquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el calibre de la válvula, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

Los siguientes parámetros aplican únicamente para platos tipo Koch.

TIPO DE PITCH

Un aumento en el tipo de pitch, provoca los siguientes cambios:

- incremento en la altura de líquido en las bajantes
- incremento en la caída de presión
- incremento en la carga de líquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el tipo de pitch, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

CALIBRE DE LA VALVULA

Un aumento en el calibre de la válvula, provoca los siguientes cambios:

- incremento en la altura de líquido en las bajantes
- incremento en la caída de presión
- incremento en la carga de líquido sobre el plato

Por el contrario una disminución en el calibre de la válvula, provocará los cambios inversos a los descritos anteriormente.

6. MANUAL DE USUARIO

6. MANUAL DE USUARIO

Este capítulo tiene como objetivo presentar al futuro usuario un ejemplo de como poder correr este programa, y así familiarizarlo con el mismo, proporcionándole la información necesaria y suficiente, para que el usuario pueda llevar a cabo esto. Al mismo tiempo que se explica el procedimiento para correr el programa, se mencionan algunos de los problemas más comunes que pudieran aparecer durante la sesión.

6.1 INSTRUCCIONES PARA CARGAR EL PROGRAMA

A continuación se describen los pasos necesarios para poder cargar el programa en una microcomputadora marca Franklin ACE 1000:

- 1.- Revisar que la computadora se encuentre conectada.
- 2.- Insertar el diskette conteniendo el programa en el drive 1 y cerrar la puerta del mismo.
- 3.- Encender el monitor, para lo cual es necesario apretar el botón superior que dice "POWER"
- 4.- Encender la computadora, para lo cual es necesario apretar el interruptor que se encuentra en la parte posterior de la computadora, en el lado izquierdo.

Una vez que se ha efectuado el paso 4, la computadora emite un sonido y el drive 1 empieza a funcionar, lo cual puede advertirse porque el foquito rojo del mismo se encuentra encendido. Posteriormente aparece en la parte superior de la pantalla el siguiente letrero (ver nota 1 en el punto 6.3 de este capítulo):

ACE 1000 v 2.2

inmediatamente después aparece el siguiente letrero:

```

DISCO INICIALIZADO
11/SEP/85
DEPG - MIP
.....SE ESTA CARGANDO EL EDITOR
.....ESPERE UN MOMENTO

[ RUN PLATOS ]

```

el cursor (" [") aparece aproximadamente después de 17 segundos de haber concluido el punto 4. Después del cursor teclee lo siguiente "RUN PLATOS" e inmediatamente después oprima la tecla "RETURN", con lo cual empezará a trabajar el drive 1 indicando que el programa está siendo cargado a la memoria de la computadora, lo cual tarda aproximadamente 13 segundos. Al cabo de los cuales aparece el siguiente letrero en el centro de la pantalla:

```

*** PROGRAMA DE PLATOS ***

** DATOS DE ENTRADA **

```

Más tarde aparece en el centro de la pantalla el letrero:

```

** DATOS GENERALES **

CONTESTE A CADA PREGUNTA
DENTRO DEL ESPACIO ASIGNADO

(SI COMETIO ALGUN ERROR NO SE PREOCUPE.
CONTINUE INSERTANDO LOS DEMAS DATOS) .

```

A partir de aquí el programa iniciará con una serie de preguntas para poder alimentar los datos necesarios para realizar el diseño hidráulico de una columna. Estos datos fueron ampliamente discutidos en el capítulo 4, por lo que éste capítulo sólo se avocará a presentar un ejemplo, sin entrar en detalles. Dicho ejemplo se trata en el punto siguiente.

6.2 EJEMPLO DE ALIMENTACION DE DATOS

En este punto se muestra un ejemplo de una corrida de alimentación de datos para el diseño de un plato, presentando esta paso a paso, tal como fue alimentada a la computadora. El ejemplo que se presenta es el correspondiente al ejemplo del manual de diseño de platos Glitsch.

Una vez que se terminó de cargar el programa, como se explicó en el punto anterior, en la pantalla empiezan a aparecer las siguientes preguntas; a las que hay que responder a continuación del signo de interrogación, sin dejar espacios en blanco y oprimiendo al final de cada una la tecla "RETURN".

```

FECHA (TIENE 8 CARACTERES UTILICE EL
FORMATO DD-MM-AA )
? 01-19-88
  
```

Inmediatamente apareció el siguiente mensaje al centro de la pantalla:

```

*** ESCRIBIO MAS CARACTERES ***
***   DE LOS DISPONIBLES   ***
  
```

```

FECHA (TIENE 8 CARACTERES UTILICE EL
FORMATO DD-MM-AA)
?
  
```

lo cual se debió a que se dejó un espacio en blanco entre el texto y el signo de interrogación por lo que, el número de caracteres superó al número de caracteres disponibles (ver nota 2). A continuación se tecleó de nuevo la fecha sin errores y fueron apareciendo las demás preguntas, esto es:

```

FECHA (TIENE 8 CARACTERES UTILICE EL
FORMATO DD-MM-AA)
?01-09-88
NOMBRE DE LA PLANTA ( TIENE 34
CARACTERES )
?EJEMPLO MANUAL DE DISEÑO GLITSCH
PROYECTO NUMERO (TIENE 5 CARACTERES)
?TESIS
LOCALIZACION (TIENE 28 CARACTERES)
?HOUSTON, TEXAS
CLAVE DEL EQUIPO (TIENE 10 CARACTERES)
?P101-P175
  
```

```

CLAVE DE LA TORRE(TIENE 10 CARAC.)
?E-3
SERVICIO (TIENE 48 CARACTERES)
?TORE SEPARADORA DE C3'S
DIAMETRO DE LA TORRE EN PIES
?A
?REENTER

```

Al final el programa marcó el error de "?REENTER", lo cual se debió a que esta variable es numerica (ver nota 3), se corrigió y se continuó con la sesión.

```

DIAMETRO DE LA TORRE EN PIES
?9
NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION
?75
PLATO CRITICO DE LA SECCION
?1
TIPO DE PLATO O DISEÑO:
PERFORADO METODO GLITSCH * PG *
PERFORADO METODO KOCH * PK *
VALVULAS TIPO GLITSCH * G *
VALVULAS TIPO KOCH * K *
** ESCRIBA LA INICIAL (PG,PK,G ó K) **
?G

```

Al acabar de insertar los datos anteriores, inmediatamente aparece el siguiente bloque de datos:

```

**LOS DATOS GENERALES QUE ACABA DE ALI-
MENTAR SON:
1.- FECHA: 01-09-88
2.- NOMBRE DE LA PLANTA: EJEMPLO MANUAL
DE DISEÑO GLITSCH
3.- PROYECTO NUMERO: TESIS
4.- LOCALIZACION: HOUSTON, TEXAS

5.- CLAVE DEL EQUIPO: P101-P175
6.- CLAVE DE LA TORRE: E-3
7.- SERVICIO: TORE SEPARADORA DE C3'S

8.- DIAMETRO DE LA TORRE: 9
9.- NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION: 75

10.- PLATO CRITICO DE LA SECCION: 1
11.- TIPO DE PLATO: G

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **

```

Aquí el programa espera una respuesta, (ver nota 4). En el ejemplo al observar los datos alimentados nos damos cuenta de que en el punto 7, dice "TORE" en lugar de "TORRE", por lo que es necesario corregir esto, por lo que:

```

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
?S
CONTESTE CON EL NUMERO DE LA LINEA
?7
SERVICIO (TIENE 48 CARACTERES)
?TORRE SEPARADORA DE C3'S

```

Inmediatamente después aparece de nuevo la tabla de datos alimentados, con el error corregido.

```

**LOS DATOS GENERALES QUE ACABA DE ALI-
MENTAR SON:
1.- FECHA: 01-09-88
2.- NOMBRE DE LA PLANTA: EJEMPLO MANUAL
DE DISEÑO GLITSCH
3.- PROYECTO NUMERO: TESIS
4.- LOCALIZACION: HOUSTON, TEXAS

5.- CLAVE DEL EQUIPO: P101-P173
6.- CLAVE DE LA TORRE: E-3
7.- SERVICIO: TORRE SEPARADORA DE C3'S

8.- DIAMETRO DE LA TORRE: 9
9.- NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION: 75

10.- PLATO CRITICO DE LA SECCION: 1
11.- TIPO DE PLATO: G

** DESEA CORREGIR OTRO DATO (S/N) **
?N

```

Debido a que la respuesta fué una "N", se limpia la pantalla y el programa pasa al siguiente bloque de preguntas:

```

** CONDICIONES DE OPERACION **
GASTO DE VAPOR EN LB/HR
?271500
GASTO DE LIQUIDO EN LB/HR
?259100

```

TEMPERATURA DEL VAPOR GRADOS CENTIGR.
 ?20
 TEMPERATURA DEL LIQUIDO GRADO CENTIG.
 ?20
 DENSIDAD DEL VAPOR EN LB/FT3
 ?2.75
 DENSIDAD DEL LIQUIDO EN LB/FT3
 ?29.33
 PRESION DEL SISTEMA EN PSIA
 ?14.7

Si el tipo de plato hubiera sido perforado, aparecerian además las siguientes preguntas:

?
 VISCOSIDAD EN CP
 ?
 TENSION SUPERFICIAL EN DINAS/CM
 ?

Al finalizar la última pregunta de éste bloque aparece lo siguiente:

**LAS CONDICIONES DE OPERACION QUE ACABA DE ALIMENTAR SON:
 1.- GASTO DE VAPOR : 271500
 2.- GASTO DEL LIQUIDO : 259100
 3.- TEMPERATURA DEL VAPOR : 20
 4.- TEMPERATURA DEL LIQUIDO : 20
 5.- DENSIDAD DEL VAPOR : 2.75
 6.- DENSIDAD DEL LIQUIDO : 29.33
 7.- PRESION DEL SISTEMA : 14.7

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
 ?N

En caso de que el plato fuera perforado aparecerian además las siguientes propiedades:

8.- VISCOSIDAD :
 9.- TENSION SUPERFICIAL :

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
 ?

Dado que los datos alimentados en el bloque de condiciones de operación, estuvieron correctos, no fué necesario corregir ninguno por lo que se puso la letra "N" y el programa limpió la pantalla y pasó al siguiente bloque de preguntas (ver notas 1-4).

```

** CONDICIONES DEL SISTEMA **
*****
*           ---DATOS OPCIONALES---           *
* 1 FACTOR DE INUNDACION           .72      *
* 2 ALTURA DEL VERTEDERO (PULG)    2        *
* 3 CAIDA PRES.MAX DEL PLATO(PSI)  .15      *
*
* 4 FACTOR DEL SISTEMA                1      *
*
* 5 ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG)    18      *
*
* 6 ESPACIAMIENTO MINIMO (PULG)     12      *
*****

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
?S
CONTESTE CON EL NUMERO DE LA LINEA
?1

```

En el ejemplo se requiere corregir el factor de inundacion por lo cual se le indicó el "1". (ver nota 5)

```

FACTOR DE INUNDACION
? .70

```

y aparece de nuevo la lista con el valor corregido

```

** CONDICIONES DEL SISTEMA **
*****
*           ---DATOS OPCIONALES---           *
* 1 FACTOR DE INUNDACION           .70      *
* 2 ALTURA DEL VERTEDERO (PULG)    2        *
* 3 CAIDA PRES.MAX DEL PLATO(PSI)  .15      *
*
* 4 FACTOR DEL SISTEMA                1      *

```



```

* 5 ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG) 18 *
* 6 ESPACIAMIENTO MINIMO (PULG) 12 *
*****

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
?S
CONTESTE CON EL NUMERO DE LA LINEA
?5

```

Ahora se requiere modificar la linea 5, por lo cual tenemos que:

```

ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG)
?20

```

y de nuevo tendremos la tabla anterior, con el valor corregido.

```

** CONDICIONES DEL SISTEMA **
*****

* ---DATOS OPCIONALES--- *
* 1 FACTOR DE INUNDACION .70 *
* 2 ALTURA DEL VERTEDERO (PULG) 2 *
* 3 CAIDA PRES.MAX DEL PLATO (PSI) .15 *
* 4 FACTOR DEL SISTEMA 1 *
* 5 ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG) 20 *
* 6 ESPACIAMIENTO MINIMO (PULG) 12 *
*****

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
?N

```

Ahora el programa pasa al siguiente paquete de preguntas (ver nota 6 para las preguntas de otro tipo de platos):

**** PLATOS TIPO GLITSCH ****

TIPO DE VALVULA

V-1

V-4

TIPO DE VALVULA. (SELECCIONE UNA Y ESCRIBALA COMPLETA. POR EJEMPLO SI UD. ESCOGIO LA 'V-1' ESCRIBA V-1).

?V-1

En caso de que la respuesta no sea un "V-1" o un "V-4", el programa no pasará a otra pregunta. Enseguida se muestran las demás preguntas.

ESPESOR DE PLATO

1.- 0.074 PULG

2.- 0.104

3.- 0.134

4.- 0.250

ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-4) .
* NO SE DISPONE DE VALVULAS TIPO "V - 4"
PARA ESPESORES DE PLATO DE 0.250 PULG.

?3

ESPESOR DE LA VALVULA
(CALIBRE)

1.- 20

2.- 18

3.- 16

4.- 14

5.- 12

6.- 10

ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-6)

?3

MATERIAL DE LA VALVULA

1.- ACERO AL CARBON

2.- ACERO INOXIDABLE

3.- NIQUEL

4.- MONEL

5.- TITANIO

6.- HASTELLOY

7.- ALUMINIO

8.- COBRE

9.- PLOMO

ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-9)

?2

Enseguida, se limpia la pantalla y aparece una tabla con los datos recién alimentados:

****LOS DATOS DE PLATOS GLITSCH QUE ACABA DE ALIMENTAR SON:**

- 1.- TIPO DE VALVULA : V-1
- 2.- ESPESOR DE PLATO :3
- 3.- ESPESOR DE LA VALVULA :3
- 4.- MATERIAL DE LA VALVULA :2

**** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) ****

?N

Como la respuesta fué una "N", el programa pasa al último bloque de preguntas (VER NOTAS).

**** METALURGIA ****

PLATO (TIENE 14 CARACTERES)

?AC.CARBON 16GA
BAJANTE (TIENE 14 CARACTERES)

?AC.CARBON 16GA
VALVULA (TIENE 14 CARACTERES)

?A.I.410 16GA.

Al terminar de escribir la última pregunta y transmitir, aparece la lista de condiciones recién alimentadas.

****LOS MATERIALES QUE ACABA DE ALIMENTAR SON:**

- 1.- PLATOAC.CARBON 16GA
- 2.- BAJANTE ...AC.CARBON 16GA
- 3.- VALVULAS ..A.I.410 16GA.

**** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) ****

?N

Inmediatamente después de transmitir aparece el siguiente mensaje:

SE INICIA ENCADENAMIENTO CON EL PROGRAMA DE DISEÑO DE PLATOS

y el drive 1 empezará a cargar el programa principal de diseño de platos. Una vez que este programa haya hecho el diseño del plato, funcionará de nuevo el drive 1 y cargará el programa de salida de datos. Mas tarde aparecerá en el centro de la pantalla el siguiente letrero:

DESEA IMPRIMIR LA HOJA DE DATOS(SI/NO)?

+VERIFIQUE QUE LA IMPRESORA ESTE
CONECTADA....

TECLEE < CUALQUIER TECLA > PARA INICIAR
LA IMPRESION

< E > PARA EVITARLA

= SU RESPUESTA ES:SI

En caso de que la respuesta no haya sido un "SI" o un "NO", el programa no avanzará. Si la respuesta es un "SI" se imprimirá una hoja como la de la figura 5.4, en caso contrario sólo se verá la hoja en pantalla. Una vez que terminó de imprimir la hoja aparece el siguiente letrero:

*** DESEA OTRA IMPRESION SI/NO ***
?NO

Si la respuesta es "NO" el programa limpia la pantalla y aparece el siguiente letrero al centro de la pantalla:

FIN DEL PROGRAMA PLATOS

6.3 NOTAS COMPLEMENTARIAS A ESTE CAPITULO.

- 1.- Todos los textos que aparecen en la pantalla o monitor de la computadora estarán encerrados en un cuadro, lo cual representará la pantalla y las palabras o instrucciones que sean necesario suministrar por el usuario, se encontrarán escritos con letra mas oscura. Asimismo todas las notas a que se haga referencia en este capitulo, se encontrarán en este punto.
- 2.- Si el número de caracteres escritos es mayor que el número de caracteres asignados a la variable, se limpia la pantalla y aparece al centro de la misma el siguiente letrero al mismo tiempo que vuelve a aparecer la misma pregunta:

```

*** ESCRIBIO MAS CARACTERES ***
***   DE LOS DISPONIBLES   ***

PREGUNTA
?
```

el programa no pasará a otra pregunta a menos que el número de caracteres sea el adecuado. Cabe aclarar que en este tipo de preguntas puede transmitirse en blanco y el programa no marcará error, ya que son preguntas generales únicamente para llenar la hoja de datos y no intervienen en el diseño del plato.

- 3.- Cuando una variable es numérica y se transmite en blanco o con un caracter diferente a los signos (+, - o del 0 al 9), el programa marcará el siguiente error y no pasará a la siguiente pregunta hasta que sea corregido:

```

?REENTER
```

- 4.- Cuando aparece el letrero:

```

** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) **
?
```

el programa espera que la respuesta sea una "S" o una "N", pues de lo contrario aparecerá el letrero:

DESEA CORREGIR OTRO DATO (S/N)

?

y así sucesivamente hasta que la respuesta sea la apropiada.

Si la respuesta es una "S", aparecerá el siguiente letrero:

CONTESTE CON EL NUMERO DE LA LINEA

?

en donde el programa espera que la respuesta sea el número de la pregunta que se quiere corregir. En caso de que éste número no corresponda con alguno de los números asignados a las preguntas, volverá a aparecer en la pantalla la pregunta anterior y así sucesivamente hasta que la respuesta sea correcta.

Si la respuesta es una "N", el programa avanzará al siguiente bloque de preguntas, con excepción del último bloque (materiales) en donde aparecerá, el siguiente letrero:

SE INICIA ENCADENAMIENTO CON PLATOS-BB-

5

en donde el programa llamará al programa principal de diseño de platos.

- 5.- Si, en la tabla de "CONDICIONES DEL SISTEMA" todos los datos asentados en ella son correctos, transmita "N" y el programa pasará al siguiente bloque. En caso contrario, responda con una "S" y el número de pregunta que desea corregir. Cada vez que se realice esto, el programa listará otra vez toda la tabla incluyendo el valor recién corregido.

No es posible corregir todas las preguntas a la vez, hay que corregir una por una. Proporcionándole cada vez la respuesta "S" a la pregunta "## DESEA CORREGIR OTRO DATO (S/N) ##", e indicándole el número de la pregunta.

Si se pudieran corregir todas a la vez aparecería en la pantalla algo como esto:

	FACTOR DE INUNDACION
?	ALTURA DEL VERTEDERO (PULG)
?	CAIDA DE PRESION MAXIMA DEL PLATO (PSI)
?	

Si, la respuesta fuera el número 4, apareceria la siguiente tabla, en donde hay que seleccionar el valor:

FACTOR DEL SISTEMA SERVICIO	FACT. DEL SIST.
SIN ESPUMADO	1.00
SISTEMAS FLODRADOS	0.90
ESPUMADO MODERADO	0.85
ESPUMADO PESADO	0.73
ESPUMADO SEVERO	0.60
SIST. DE ESPUMA ESTABLE	0.30
?	

Las siguientes preguntas son:

	ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG)
?	
	ESPACIAMIENTO MINIMO (PULG)
?	

Cabe mencionar que si el espaciamento inicial es mayor al minimo, se tiene que corregir tambien este último.

6.- Cuando se trata de platos perforados aparecen las siguientes preguntas:

	** PLATOS PERFORADOS **
	FACTOR DE GOTEO
?	
	ESPESOR DEL PLATO (PULG)
?	
	DIAMETRO DEL ORIFICIO (PULG)
?	

al terminar de alimentar los datos aparece:

****LOS DATOS DE PLATOS PERFORADOS QUE ACABA DE ALIMENTAR SON:**

- 1.- FACTOR DE GOTEADO :
- 2.- ESPESOR DE PLATO :
- 3.- DIAMETRO DEL ORIFICIO :

**** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) ****

?

Si se trata de un plato tipo Koch aparecen las siguientes preguntas:

**** PLATOS TIPO KOCH ****
TIPO DE VALVULA

A
T
K-8

(SELECCIONE UNA Y ESCRIBALA COMPLETA .
POR EJEMPLO SI UD. ESCOGIO LA 'K-8'
ESCRIBA K-8)

?

ESPESOR DE LA VALVULA
(CALIBRE)

- 1.- 18
- 2.- 16
- 3.- 14

ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-3)

?

TIPO DE PITCH

- 1.- 3 1/4 X 2 3/4
- 2.- 3 X 2 1/2

?

Al terminar de alimentar los datos aparece:

****LOS DATOS DE PLATOS KOCH QUE ACABA DE ALIMENTAR SON:**

- 1.- TIPO DE VALVULA :
- 2.- ESPESOR DE LA VALVULA :
- 3.- TIPO DE PITCH :

**** DESEA CORREGIR ALGUNO (S/N) ****

?

7.

**COSTOS DE COLUMNAS
E INTERNOS**

7. COSTOS

La estimación del costo de una columna en evaluaciones preliminares de procesos, requiere que se tome en consideración no sólo el tipo básico de elementos internos, sino también sus efectos sobre el costo del sistema en general. Por ejemplo, para un sistema de destilación, el sistema general puede incluir el recipiente (columna), las estructuras accesorias, los soportes y cimentaciones, dispositivos auxiliares como renervidores, condensadores, precalentadores de la alimentación e instrumentos de control y tuberías de conexión. La elección de los componentes internos influye en todos esos costos; pero hay otros factores que los afectan también. Una optimización completa del sistema, requiere un modelo completo de simulación de procesos, que pueda cubrir todas las variables pertinentes que influyen en la economía.

El costo de una columna puede dividirse en los siguientes componentes:

- Costo para el cascarón o coraza, incluyendo tapas, faldón, entrada de hombre y boquillas.
- Costo para internos, incluyendo platos, accesorios y soportes.
- Costo de auxiliares como plataformas, escaleras de mano, barandales y aislamientos.

En la literatura se describen diferentes métodos para estimar o calcular el costo de una torre de platos, de los cuales se seleccionaron los siguientes métodos:

- Método de Guthrie
- Método de Peters
- Método de Hall
- Método de Drew and Glinder

Siendo el de Guthrie un método por factores (módulos) y los tres siguientes por gráficas, donde el último aplica principalmente para columnas a escala de planta piloto. A continuación se describe cada método y al final se muestra un ejemplo de aplicación.

METODO DE GUTHRIE

Para estimar el costo de la columna sin instalación, puede usarse la figura 7.1, donde se relaciona el diámetro de la columna y la altura o longitud tangente a tangente con el costo libre a bordo en dólares en la planta del fabricante. El espesor de la pared está incluido en los factores de presión.

El costo base obtenido mediante la figura 7.1, representa el costo de una columna fabricada en acero al carbón para resistir 50 psi de presión interna, con boquillas, entradas de hombre y soportes promedio. La siguiente ecuación puede utilizarse para ajustar a otros materiales del cascarón y presiones hasta 1000 psi:

Costo de la columna = Costo base * F_m * F_p * Índice
(U.S. dólares)

donde :

F_m = Factor del material del recipiente
 F_p = Factor de Presión

los cuales pueden obtenerse de las tablas 7.1 y 7.2 respectivamente.

Guthrie muestra que el costo modular de una columna (incluyendo el costo prorrateado por la cimentación, tuberías, aislamiento, pintura, etc.), es 4.34 veces el costo de la torre, que se obtiene mediante la ecuación anterior (ver tabla 7.3).

Los costos de platos instalados pueden estimarse por medio de la figura 7.2 y de la siguiente relación, los cuales tienen que adicionarse al costo de la columna.

Costo del plato = Costo base * ($F_s + F_t + F_m$) * Índice
(Dólares U.S.)

donde :

F_s = Factor de espaciamiento de platos
 F_t = Factor de tipo de plato
 F_m = Factor de material

los cuales pueden obtenerse de las tablas 7.4 a 7.6 respectivamente.

Los costos están basados en datos de mediados de 1968. Cuando el Índice de costos promedio de Marshall y Stevens era 273. El índice para mediados de 1988 es de 854.

FIGURA 7.1
COSTO DE COLUMNAS

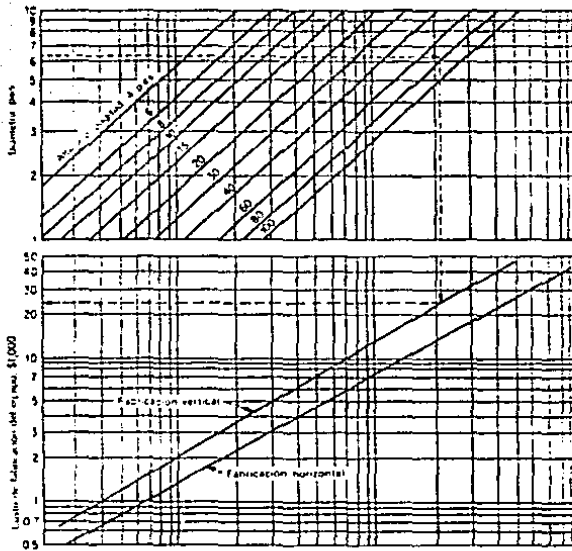


FIGURA 7.2
COSTO DE PLATOS INSTALADOS

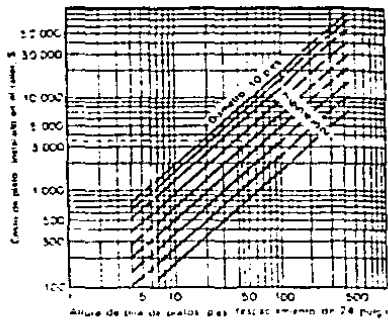


TABLA 7.1
 FACTOR DE MATERIAL DE LA COLUMNA (F_m)

MATERIAL	RECUBRIMIENTO	SOLIDO
Acero al carbón	1.00	1.00
Acero inoxidable 316	2.25	3.67
Monel	3.89	6.34
Titanio	4.23	7.89

TABLA 7.2
 FACTOR DE PRESION (F_p)

PRESION	F_p
≤ 50	1.00
≤ 100	1.05
≤ 200	1.15
≤ 300	1.20
≤ 400	1.35
≤ 500	1.45
≤ 600	1.60
≤ 700	1.80
≤ 800	1.90
≤ 900	2.30
≤ 1000	2.50

TABLA 7.3

MODULOS DE INSTALACION PARA COLUMNAS DE DESTILACION

PARAMETRO	FACTOR
Costo del equipo libre a bordo (E)	100.00
Tuberia	60.60
Concreto	10.00
Acero	8.00
Instrumentos	11.50
Electricos	5.00
Aislamiento	8.00
Pintura	1.30
Materiales de Campo (M)	104.40
Costo Directo de Materiales (E + M)	204.40
Materiales para el montaje	84.50
Equipo de Montaje	15.50
Mano de obra directa en campo (L)	100.00
Costo Directo (M & L)	304.40
Fletes, seguros e impuestos	8.0
Costo indirecto	121.60
Costo Módulo	434.00
Relación L/M	0.49
Factor de Material (E + M)	2.04
Factor de Costo Directo (M & L)	3.04
Factor Indirecto	0.40
FACTOR MODULAR	4.34

TABLA 7.4

FACTOR DE CORRECCION POR ESPACIAMIENTOS DE PLATOS (F_s)

ESPACIAMIENTO DE PLATOS (in)	F_s
24	1.0
18	1.4
12	2.2

TABLA 7.5

FACTOR DE CORRECCION POR TIPO DE PLATO (F_t)

TIPO DE PLATO	F_t
Perforado	0.0
Valvulado	0.4

TABLA 7.6

FACTOR DE CORRECCION POR MATERIAL DEL PLATO (F_m)

MATERIAL	F_m
Acero al carbón	0.0
Acero inoxidable	1.7
Monel	8.9

METODO DE PETERS**COSTO DE COLUMNAS**

En este método, el costo de fabricación del recipiente, incluyendo tapas, faldón, boquillas y escaleras es estimado en base al peso.

La figura 7.3 indica el costo aproximado para torres fabricadas en acero al carbón y en acero inoxidable tipos 304 y 316. Este costo incluye únicamente la coraza y las tapas, sin platos o conexiones. Asimismo esta gráfica presenta una curva para estimar el tiempo de instalación de una torre.

En la figura 7.4 se presentan los costos para conexiones instaladas, tales como: entradas de hombre bridadas de 18 y 30 pulg. de diámetro interno, boquillas bridadas y acoplamientos de 1 a 2 pulgadas de diámetro interno. Los valores aplican para conexiones de 300-lb. Para conexiones de 600-lb multiplicar por 1.2 y para 150-lb multiplicar por 0.9.

La tabla 7.7 presenta datos que pueden usarse para estimar auxiliares como plataformas, escaleras de mano y barandales.

En la figura 7.5 aparece el costo instalado para algunos aislamientos de torres como: corcho, espuma de vidrio y fibra de vidrio o magnesio, todos recubiertos con aluminio.

En la tabla 7.8 aparecen los costos relativos de fabricación para diferentes metales usados durante la construcción de torres de platos.

COSTO DE INTERNOS

Los costos para platos instalados en sistemas convencionales pueden estimarse mediante la figura 7.6. Este costo incluye el plato, válvulas, bajantes y partes estructurales de acero inoxidable tipo 410. Para otros materiales consultar la tabla 7.8.

Los costos anteriores están basados en datos de enero de 1979, cuando el índice de Marshall y Swift era de 360.

FIGURA 7.3

COSTO DE FABRICACION DE TORRES Y TIEMPO DE INSTALACION

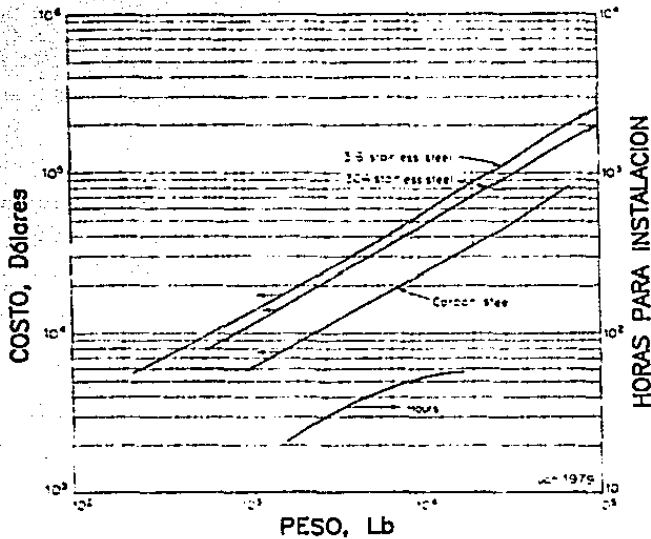


FIGURA 7.4 COSTO INSTALADO APROXIMADO DE CONEXIONES DE TORRES

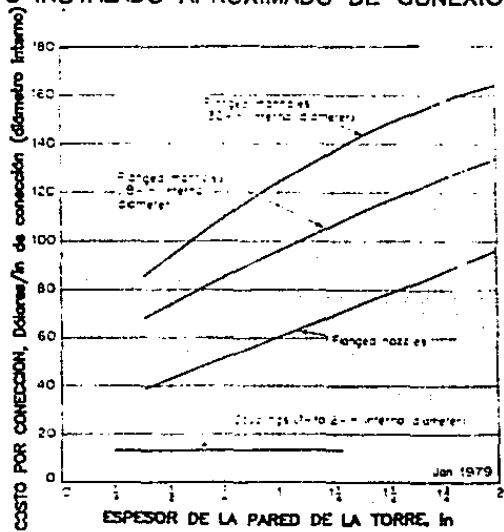


FIGURA 7.5
COSTO INSTALADO DE DIVERSOS AISLANTES

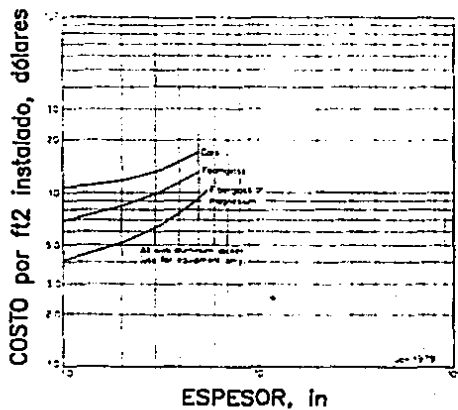


FIGURA 7.6
COSTO DE PLATOS

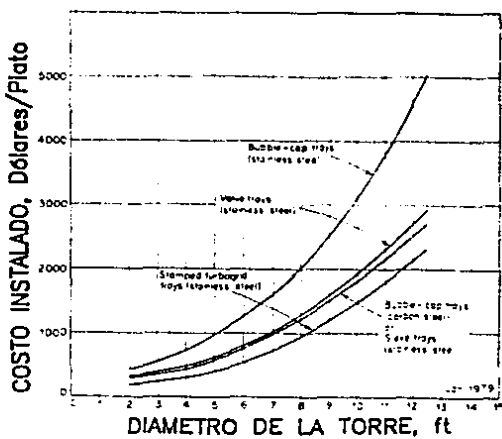


TABLA 7.7
COSTO DE AUXILIARES DE TORRES

ARTICULO	COSTO *	CANTIDAD TIPICA EN TORRES	
Escaleras de mano	0.43 \$/Lb	30 Lb/ft de altura	
Plataformas y Barandales	0.43 \$/Lb	DIAMETRO DE LA TORRE, ft	PESO Lb
		4	1700
		6	2300
		8	2800
		10	3300

TABLA 7.8
COSTO RELATIVO DE FABRICACION PARA METALES USADOS EN CONSTRUCCION DE TORRES DE PLATOS

MATERIALES DE CONSTRUCCION	COSTO *
Platos (hojas de metal)	
Acero	1.0
4-6% cromo - 1 molibdeno	2.0
11-13% cromo tipo 410	2.5
Bronce rojo	3.0
Acero inoxidable tipo 304	4.0
Acero inoxidable tipo 347	4.8
Monel	7.0
Acero inoxidable tipo 316	5.2
Inconel	8.2
Platos de fierro fundido	2.8

* Costo relativo por ft² de área de plato basado en acero al carbón = 1

METODO DE HALL

En la figura 7.7 se encuentran graficados costos de columnas en base al diámetro en pies de las mismas, para columnas conteniendo 25 platos. La figura 7.8 es la misma gráfica, pero para torres de 50 platos y la figura 7.9 aplica para columnas de 100 platos. Cada una presenta tres parámetros de presión de operación (0, 100 y 300 psig). Los costos presentados son para octubre de 1981 cuando el índice de Marshall y Stevens era de 747.

La altura de columnas, en realidad son alturas tangente a tangente del cascarón, en las gráficas mostradas para columnas de 25 platos, la longitud de la columna varía de 57 1/2 a 68 pies y el diámetro va de 5 a 6 pies; en las de 50 platos, la columna crece de 95 a 188 pies al aumentar el diámetro de 5 a 6 pulgadas y para las de 100 platos, la columna permanece constante en 170 pies.

La construcción es de acero al carbón SA-285-C, excepto para diámetros de 11 y 12 pies en la gráfica de columnas de 25 platos y en la gráfica de 4 pies de diámetro en la columna de 100 platos, las cuales están hechas de SA-515-65, el cual es un acero de baja aleación. No incluyen los costos de platos, los cuales están dados en las figuras 7.10 y 7.11

Los costos disminuyen cuando se incrementa el diámetro en el rango de columnas de (1 - 3 pies de diámetro), porque en las torres altas y esbeltas, la base debe ser más pesada para soportar los esfuerzos debidos a cargas por vientos. Esto se nota particularmente en las figuras 7.8 y 7.9. La exactitud de las figuras 7.7, 7.8 y 7.9 es de $\pm 15\%$.

Las figuras 7.10 y 7.11 presentan costos de platos perforados y de válvulas respectivamente. Las gráficas están basadas en compras de 20 platos a la vez, así que los factores de las tablas de cantidad incluidas en las gráficas deben usarse para ajustar costos de platos para cantidades diferentes de 20. Las gráficas son solo para platos de un paso. La precisión es de $\pm 10\%$ en noviembre de 1981, cuando el índice de Marshall y Stevens era de 750.

FIGURA 7.7

COSTO DE COLUMNAS DE DESTILACION CONTENIENDO 25 PLATOS

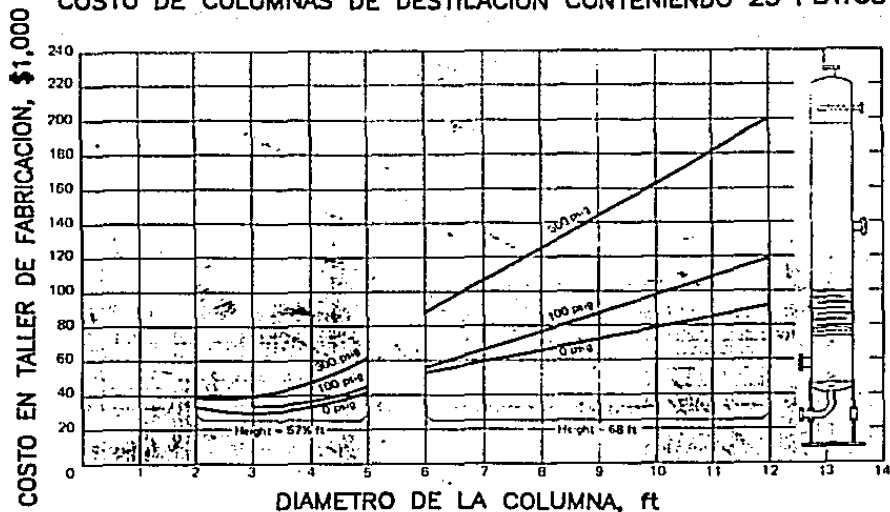


FIGURA 7.8

COSTO DE COLUMNAS DE DESTILACION CONTENIENDO 50 PLATOS

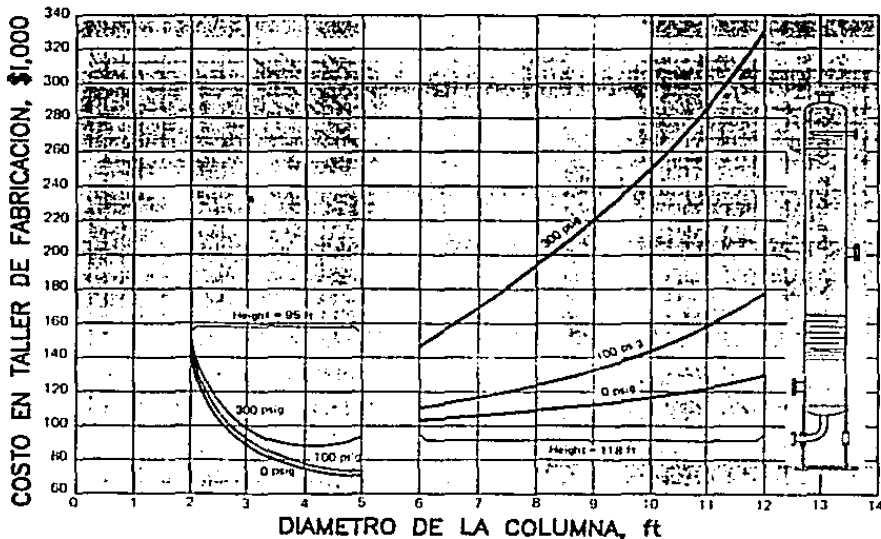


FIGURA 7.9

COSTO DE COLUMNAS DE DESTILACION CONTENIENDO 100 PLATOS

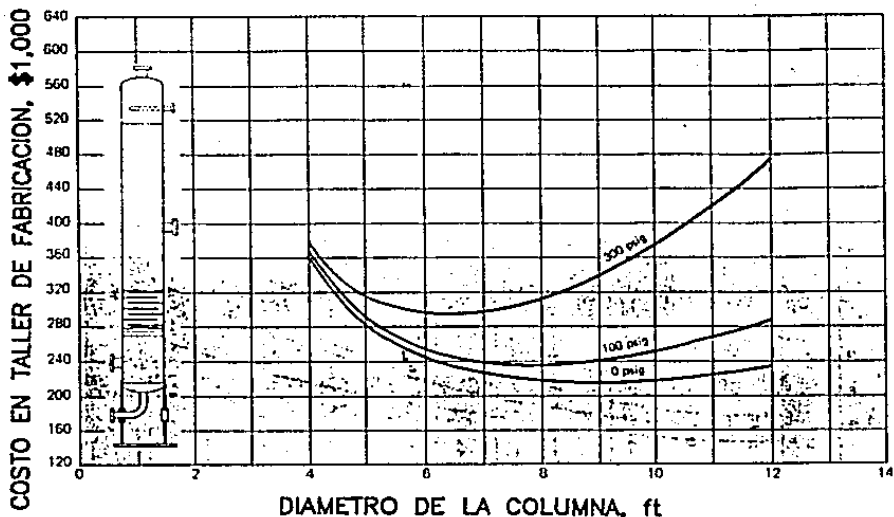


FIGURA 7.10

COSTO DE PLATOS PERFORADOS

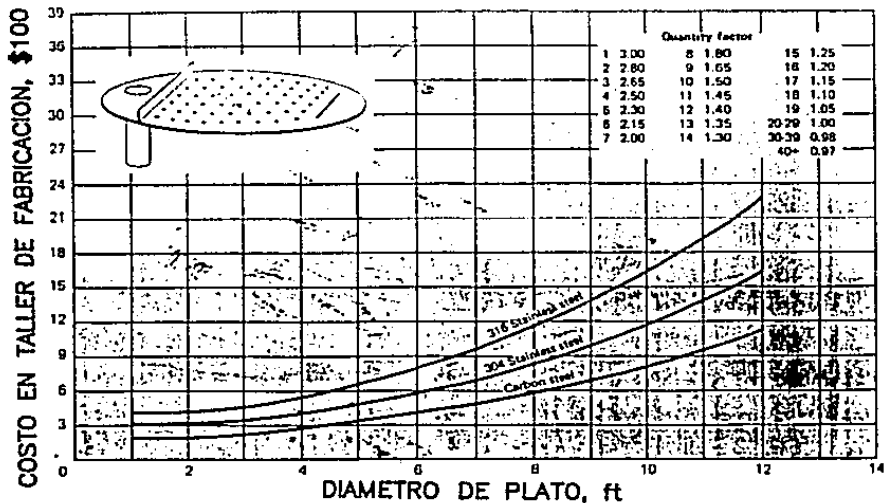


FIGURA 7.11

COSTO DE PLATOS DE VALVULAS

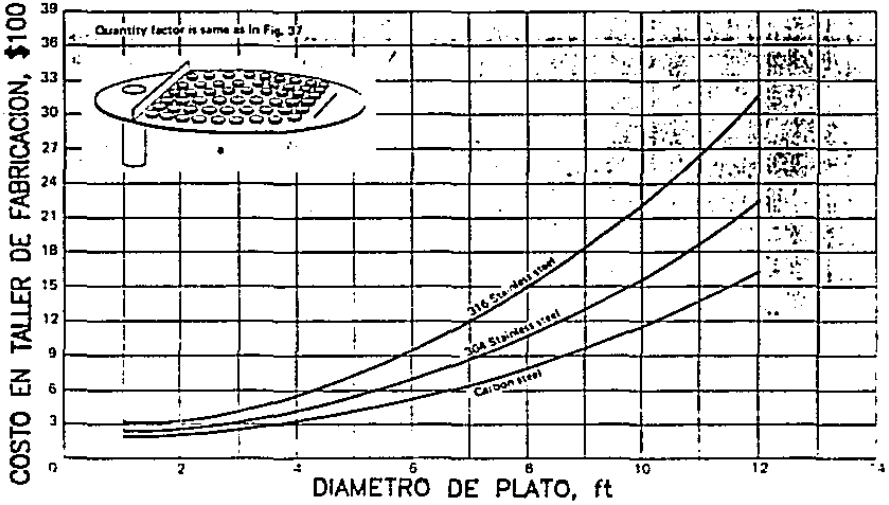
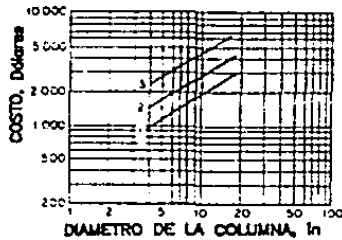


FIGURA 7.12

COSTO DE COLUMNAS DE ACERO PARA PLANTA PILOTO



METODO DE DREW AND GLINDER

Para columnas a escala de plantas piloto, los costos de torres de acero y de vidrio se muestran en las figuras 7.12 y 7.13. Esos costos son precios libre a bordo en la planta del fabricante para el primer trimestre de 1969. En esa época el Índice de Marshall y Stevens era de 279.

El costo obtenido por la figura 7.12 es para columnas con tapas y coraza en acero inoxidable tipo 316, con secciones bridadas de 5 pies de altura, sin elementos internos y en el rango de presión de diseño de: vacío completo a 100 lb/in². Para otros materiales, multiplicar por los factores de la tabla 7.9.

Mientras que el costo obtenido por la figura 7.13, es para columnas con tapas y envolvente de vidrio, con secciones bridadas de 5 pies de altura, sin elementos internos ni estructura de soporte.

Las curvas (1), (2) y (3) en estas graficas son para alturas efectivas de 5, 10 y 20 pies respectivamente.

Los costos de componentes internos para columnas a escala piloto, para el primer trimestre de 1969, se muestran en la figura 7.14. Estos platos presentan ensambles tipo cartucho con bajantes en acero inoxidable 316

la curva (1) aplica a platos perforados y
la curva (2) aplica a platos de válvulas.

TABLA 7.9

FACTORES DE CORRECCION POR MATERIAL

MATERIAL	FACTOR
Acero al carbón	0.50
Acero inoxidable tipo 304	0.77
Monel	1.40
Inconel	1.60
Niquel	1.70

FIGURA 7.13

COSTO DE COLUMNAS DE VIDRIO PARA PLANTAS PILOTO

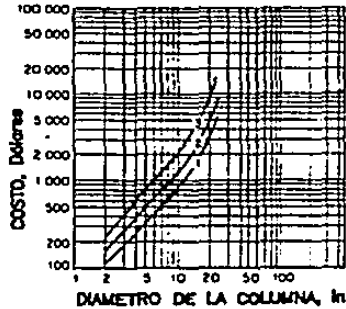
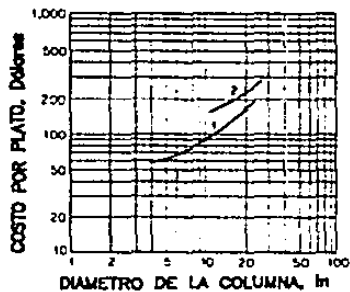


FIGURA 7.14

COSTO DE PLATOS PARA COLUMNAS DE PLANTA PILOTO



EJEMPLO

Calcular el costo total de una columna y sus internos para mediados de 1988, aplicando los métodos anteriormente descritos, para una torre con las siguientes características:

DATOS DE LA COLUMNA

- Diámetro de la torre: 2ft 6in
- Material de la torre : acero al carbón
- Altura tangente-tangente : 50 ft
- Altura total incluyendo faldón : 60 ft
- Presión de operación : 14.7 psi
- Espesor de la pared : 5/8 in
- Densidad del metal de la coraza : 490 lb/in²

con las siguientes conexiones:

- entradas-hombre de 18 in, arriba de cada plato
- entrada-hombre de 18 in, abajo del plato inferior
- 6 coales de 1 in
- 1 conexión para vapor de 10 in
- 3 conexiones de 4 in

DATOS DE PLATOS

- Tipo de platos : valvulados
- Material : acero inoxidable 316
- Número de platos : 25
- Espaciamiento entre platos : 20 in

METODO DE GUTHRIE**COSTO DE LA COLUMNA**

El costo de la columna puede obtenerse mediante la figura 7.1:

Costo base = \$ 6,000

ajustando por material y presión (tablas 7.1 y 7.2) y por escalación, tenemos:

$$F_m = 1.0$$

$$F_p = 1.0$$

$$\text{Indice} = 854/273 = 3.128$$

por lo que:

$$\text{Costo de la columna} = (6,000) * (1.00 + 1.00) * \text{Indice}$$

$$\text{COSTO DE LA COLUMNA} = \$ 37,500$$

(mediados de 1988)

$$\text{COSTO MODULAR} = 6,000 * 4.34 = \$ 26,000$$

COSTO DE INTERNOS

El costo de internos puede obtenerse de la figura 7.2

$$\text{Costo base de platos} = \$ 950$$

ajustando por espaciamiento de platos, tipo de plato y material (tablas 7.3-7.5) y por escalación tenemos que:

$$F_s = 1.2$$

$$F_t = 0.4$$

$$F_m = 1.7$$

$$\text{Indice} = 854/273 = 3.128$$

por lo que:

$$\text{Costo de platos} = (950) * (1.2 + 0.4 + 1.7) * \text{Indice}$$

$$\text{COSTO DE PLATOS} = \$ 9,800$$

(mediados de 1988)

$\text{COSTO TOTAL DE LA COLUMNA E INTERNOS} = \$ 47,300$ <p>(mediados de 1988)</p>

METODO DE PETERS

COSTO DE LA COLUMNA

El peso total de la coraza incluyendo las tapas y el faldón, puede estimarse como 1.12 veces el peso de la coraza cilíndrica para acero al carbón:

$$\text{Peso total} = (2.5 \text{ ft}) * (5/8 \text{ in}) * (1 \text{ ft}/12 \text{ in}) * (60 \text{ ft}) * (\pi) * (490 \text{ lb}/\text{ft}^3) * 1.12$$

$$\text{PESO TOTAL} = 13,500 \text{ lb}$$

empleando la figura 7.3:

Costo de la columna = \$ 27,000 * Índice

Índice = $854/560 = 1.525$

COSTO DE LA COLUMNA = \$ 41,175
(mediados de 1988)

COSTO DE BOQUILLAS Y CONEXIONES

Costo de 26 entradas-hombre instaladas = $26 \times 80 \times 18$
= \$ 37,440

Costo de 1 conexión de 10 in = $1 \times 47 \times 10 = \$ 470$

Costo de 3 conexiones de 4 in = $3 \times 47 \times 4 = \$ 564$

Costo de conexiones = \$ 38,474 * Índice

Índice = $854/560 = 1.525$

COSTO DE CONEXIONES = \$ 58,675
(mediados de 1988)

COSTO DE PLATOS

Utilizando la figura 7.6 tenemos

Costo por plato = \$ 450

Costo de platos = $25 \times 450 \times \text{Índice}$

Índice = $854/560 = 1.525$

COSTO DE PLATOS = \$ 17,150
(mediados de 1988)

<p>COSTO TOTAL DE LA COLUMNA E INTERNOS = \$ 58,325 (mediados de 1988)</p>
--

COSTO DE LA COLUMNA, INTERNOS Y CONEXIONES = \$ 117,000
(mediados de 1988)

METODO DE HALL

El costo de una columna conteniendo 25 platos puede leerse directamente de la figura 7.7:

Costo de la columna = \$ 30,000 * Indice

Indice = 854/747 = 1.143

COSTO DE LA COLUMNA = \$ 34,290
(mediados de 1988)

Utilizando la figura 7.10 se obtiene el costo de platos:

Costo por plato = \$ 400

Costo de platos = \$ 25 * 400 = \$ 10,000 * Indice

Indice = 854/750 = 1.139

COSTO DE PLATOS = \$ 11,390
(mediados de 1988)

Costo de la columna e internos = 34290 + 11390 = \$ 45,680

<p>COSTO TOTAL DE LA COLUMNA E INTERNOS = \$ 45,680 (mediados de 1988)</p>
--

METODO DE DREW AND GLINDER

No es posible aplicar éste método, ya que la altura efectiva de la columna del ejemplo sobrepasa los 20 pies de altura efectiva de columna.

8-

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Como se puede apreciar a través de éste trabajo, es necesario contar con un programa desarrollado, como el de la presente tesis, para seleccionar en principio el tipo de plato a utilizar en un servicio dado, así como para obtener el diseño más adecuado.

Dicho diseño puede lograrse únicamente a través de un programa de computadora, dado el gran número de parámetros y ecuaciones involucrados.

Fue intención durante la realización de éste trabajo, incluir los métodos de diseño, ecuaciones de cálculo y algoritmos computacionales más rigurosos, confiables y exactos para obtener platos de la calidad requerida en la industria de proceso.

Asimismo se preparó un programa de alimentación de datos en forma conversacional, accesible a cualquier usuario, independientemente de su experiencia computacional.

Por otro lado, se procuró que la presentación de resultados del programa fuera clara y estuviera de acuerdo a los parámetros de trabajo de las firmas de Ingeniería.

Los resultados numéricos proporcionados por el programa, concuerdan con los valores reportados por los fabricantes de platos.

Mediante el programa desarrollado, los mejores resultados obtenidos fueron para diseños de platos valvulados, al compararlos con los resultados para platos perforados, lo cual coincide con la práctica de uso en la industria de proceso.

9. BIBLIOGRAFIA

9. BIBLIOGRAFIA

- 1 Bolles, W.L.
Rapid Graphical Method of Estimating Tower Diameter and Tray Spacing of Bubble Plate Fractionators
Petroleum Refiner 25, No.12, 103-110 (1946).
- 2 Carnahan, Brice., Luther, H.A. y Wilkes, James O.
Applied Numerical Methods
(1969) John Wiley & Sons Inc.
E. U. A.
- 3 Economopoulos, Alexander P.
Computer Design of Sieve Trays and Tray Columns
Chemical Engineering 85, No.27, 109-120 (1978).
- 4 Facultad de Química
Cuadernos de Posgrado No. 9
Diseño de Equipo
División de Estudios de Posgrado
Depto. de Apoyo a Programas Tecnológicos
Maestría en Ingeniería de Proyectos
Vol. 1, No. 9, Diciembre de 1983.
- 5 García Martínez Fernando
Diseño Hidráulico de una Columna de Destilación con Platos de Válvulas.
Tesis Instituto Politécnico Nacional
México, D.F. (1983).
- 6 Glitsch Inc.
Ballast Tray Design Manual
Bulletin No. 4900
3th edition, 7th printing (1974)
Dallas, Texas
- 7 Gottfried, Byron S.
Programación Basic
2da edición (1983)
McGraw Hill Latinoamericana S.A.
México, D.F.
- 8 Guthrie, Kenneth M.
Capital Cost Estimating
Chemical Engineering 76, No.6, 114-142 (1969)

- 9 Hall, Richard S.
Current Costs of Process Equipment
Chemical Engineering 89, No.7, 79-16 (1982)

- 10 Kister, Henry Z.
Column Internals
Part-1 Guidelines for Designing Distillation-Column Internals
Chemical Engineering 87, No.10, 138-142 (1980)
Part-2 Outlets and Internal Devices for Distillation Columns
Chemical Engineering 87, No.15, 79-83 (1980)
Part-3 Design and Layout for Sieve and Valve Trays
Chemical Engineering 87, No.18, 119-123 (1980)
Part-4 Mechanical Requirements for Sieve and Valve Trays
Chemical Engineering 87, No.23, 283-285 (1980)
Part-5 Downcomer Design for Distillation Tray Columns
Chemical Engineering 87, No.26, 55-60 (1980)
Part-6 Inspection Assures Troublefree Operation
Chemical Engineering 88, No.3, 107-109 (1981)
Part-7 How to Prepare and Test Columns Before Startup
Chemical Engineering 88, No.7, 97-100 (1981)

- 11 Kitterman, Layton y Ross, Mike
Tray Guides to avoid Tower problems
Hydrocarbon Processing 46, No.5, 216-220 (1967)

- 12 Koch Engineering Co.
Flexitray Design Manual
Bulletin 960, (1960)
New York.

- 13 Koch Engineering Co.
Bulletin KT-5, (1968)
E. U. A.

- 14 Ludwig, Ernest E.
Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants
Vol.2, 2th edition, (1979)
Gulf Publishing Co.
Houston, Texas

- 15 Perry, Robert y Chilton, Cecil H.
Chemical Engineer's Handbook
5th edition (1973) McGraw Hill Co.
Tokio, Japón
- 16 Perry, Robert H.
Perry's Chemical Engineer's Handbook
6th edition (1984) McGraw Hill Co.
Tokio, Japón
- 17 Peters, Max S. y Timmerhaus, Klaus D.
Plant Design and Economics for Chemical Engineers
3th edition (1980) McGraw Hill Inc.
Tokio, Japón
- 18 Poole, Lon., McNiff, Martin y Cook, Steven
Franklin ACE. Manual del Usuario
1ra. edición en español (1985)
McGraw Hill de México
México D.F.
- 19 Seider, Warren D.
Routing of Calculations in Process Simulation
Industrial and Engineering Chemistry Process Design
and Development 10, No.12, 292-297 (1979)
- 20 Treybal, Robert E.
Mass Transfer Operations
2th edition (1968) McGraw Hill Inc.
Tokio, Japón
- 21 Van Winkle, Matthew
Distillation
(1967) McGraw Hill Inc.
E. U. A.

ANEXO A
METODO DE NEWTON - RAPHSON

ANEXO A

METODO DE NEWTON-RAPHSON

El algoritmo de Newton-Raphson se utilizó para la resolución de la ecuación del cálculo del factor de corrección por construcción del vertedero en pasos multipasos "F" definido en la ec. (68) y para el cálculo del ancho de la bajante "H(sd)" mediante la ec. (36).

Este método consiste en lo siguiente:

- 1.- Suposición de un valor inicial, x^0
- 2.- Evaluación de la función original para x^0
- 3.- Evaluación de la derivada de la función para x^0
- 4.- Calcular : $x^{k+1} = x^k - \frac{f(x^k)}{f'(x^k)}$
- 5.- Comparar el valor supuesto " x^k " con el valor calculado " x^{k+1} ", esto es:

$$|x^k - x^{k+1}| \leq \text{error}$$
 Si, se cumple lo anterior, implica que se ha alcanzado la convergencia.
- 6.- En caso contrario, se regresa al punto 2 y se evalúa la función con el nuevo valor obtenido.

La ecuación para el cálculo del factor de corrección "F", está dada por:

$$f(F) = \frac{61.45 * \sqrt{1 - WD^2 / F^3}}{WD * F} - \frac{(L_{gpm})^{2/3}}{(WL)^{5/3}}$$

por lo que su derivada queda como:

$$f'(F) = \frac{61.45}{WD * F^2} \left[\frac{3 * WD^2 / F^3}{2 (1 - WD^2 / F^3)^{1/2}} + \sqrt{1 - WD / F^3} - \sqrt{1 - WD} \right]$$

donde $WD = WL / DT$

mientras que: la ecuación para el cálculo del ancho de la bajante $H_{(sd)}$ está definida como:

$$f(HD) = \frac{1}{\pi} \left[\cos^{-1}(1-2*HD) - 2*(1-2*HD)*\sqrt{HD*(1-HD)} \right] - \frac{AD(sd)}{AT}$$

y su derivada es:

$$f'(HD) = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{HD*(1-HD)}} - \frac{(1-2*HD)^2}{\sqrt{HD*(1-HD)}} + 4*\sqrt{HD*(1-HD)} \right]$$

donde HD es la relación $H_{(sd)} / DT$.

Dado que la función \cos^{-1} no está definida en la computadora Franklin utilizada, es necesario emplear la siguiente relación trigonométrica para evaluarla:

$$\cos^{-1}(x) = \pi/2 - \tan^{-1} \left[\frac{x}{\sqrt{-x*(x-1)}} \right]$$

ANEXO B
LISTADO DEL PROGRAMA

LISTADO ORDENADO POR CLAVE DE NOMENCLATURA DE LA TESIS

NOMENCLATURA		DESCRIPCION
TESIS	PROGRAMA	
a	a	Parámetro utilizado para el dimensionamiento del vertedero de relevo, in
AA	AA	Area activa o de burbujeo, ft ²
AD	AD	Area de la bajante, ft ²
AD'	AG	Valor intermedio del Area de la bajante definido en ec.(22), ft ²
AD _(sd)	AS	Area de la bajante lateral, ft ²
AD _{fondo}	DS	Area de la bajante en el fondo, ft ²
AD _{sup}	AD	Area de la bajante en la parte superior, ft ²
AE	AE	Area desperdiciada en los bordes, ft ²
AED	BS	Area del plato encerrada para el derramadero de relevo, definida por ec. (37), ft ²
AH	AH	Area perforada del plato, ft ²
AH' _{máx}	AM	Area máxima perforada permisible que mantiene al plato arriba del punto de goteo, ft ²
AH _{acum}	AE	Area mínima perforada que no cause inundación del plato debido a acumulación de líquido en la bajante, ft ²
AH _{CPmáx}	AC	Area mínima perforada debido a la limitación de la caída de presión máxima especificada, ft ²
AH _{máx}	AX	Area máxima perforada del plato, ft ²
AH _{min}	AI	Area mínima perforada del plato, ft ²
AI	AI	Area interna o de sello, ft ²
AL _{Baj}	IN	Por ciento de inundación en la bajante
A _{rvo}	BR	Area de relevo requerida en la bajante. Calculada por ec.(39), ft ²

AT	AZ	Area total de la torre, ft ²
AT _{Blitsch}	AR	Area de la torre definida en ec. (31), ft ²
AUD	AU	Area libre bajo la bajante para que fluya el liquido, ft ²
AV _{neta}	BV	Area neta de válvulas, método Koch, ft ²
b	B	Parámetro utilizado para el dimensionamiento del vertedero de relevo, in
Base	BA	Unidades de espaciamento entre válvulas, in
C ₀	C ₀	Coefficiente de descarga de vapor para plato seco. Definido en ec. (78), adimensional
C ₁	C ₇	Coefficiente de descarga de vapor para el cálculo de la caída de presión de plato seco. Calculado por ec. (87), adimensional
C ₂	C ₈	Coefficiente de descarga de vapor para el cálculo de la caída de presión de plato seco. Definido por ec. (90), adimensional
CAF ₀	CA	Factor de capacidad del plato, adimensional
CB	CB	Constante definida por ec. (11)
CC	CC	Constante definida por ec. (12)
CD	CD	Claro bajo la bajante, in
CP _T	AP	Caída de presión total, psi
CP _{máx}	AV	Caída de presión máxima especificada, psi
DH	DH	Diámetro del orificio, in
DM	DM	Densidad del metal de la válvula, lb/ft ³
DT	DT	Diámetro de la torre, ft
f	FA	Factor de fricción de Fanning, adimensional
F	F	Factor de conversión definido en ec. (124)
F	F1	Factor de corrección por construcción del vertedero, adimensional

FF	FF	Factor de inundación del plato, adimensional
FIA		Factor de inundación promedio definido en ec.(56), fraccionario
FI _d	FI	Factor de inundación en la bajante calculado por ecs.(51) y (52), fraccionario
FI _p	FE	Factor de inundación en el plato calculado por ecs.(45) a (47)
FLV	FL	Parámetro de flujo líquido-vapor, definido en ec.(13)
FPL	FP	Longitud de la trayectoria de flujo del líquido en el plato, ft
FS	FS	Parámetro de flujo de vapor basado en el área activa, definido en ec.(61)
FW	FW	Factor de goteo del plato, adimensional
g		Aceleración de la gravedad, ft/seg ²
g _c		Factor de conversión
H(sd)	HA	Altura del cordón o ancho de la bajante lateral, ft
H(sd)fondo	BH	Altura del cordón o ancho de la bajante lateral en el fondo, ft
HD	HD	Caída de presión de plato seco, in de líquido claro
HD _a	G1	Caída de presión para válvulas Glitsch parcialmente abiertas, in de líquido
HD _c	G2	Caída de presión para válvulas Glitsh parcialmente cerradas, in de líquido
HD _{HUGHMARK}	H(5)	Caída de presión de plato seco. Calculado por ec.(85), in de líquido claro
HD _{HUNT}	H(6)	Caída de presión de plato seco. Calculada por ec.(86), in de líquido claro
HD _{KOCH}	HK	Caída de presión de plato seco por el método Koch
HD _{LEIBSON}	H(7)	Caída de presión de plato seco. Calculada por ec.(87), in de líquido claro

HL	HL	Altura efectiva de líquido o altura clara de líquido en el plato. in de líquido claro
HLD	HP	Altura del líquido retenido en la bajante in de líquido
HLFAIR	H1	Altura efectiva de líquido o altura clara de líquido en el plato. Calculada por ec.(60), in
HLFOSS	H2	Altura efectiva de líquido o altura clara de líquido en el plato. Calculada por ec.(63), in
HLHUGHMARK	G4	Altura efectiva de líquido o altura clara de líquido. Calculada por ecs.(64)-(65), in
How	HO	Altura de la cresta de líquido sobre el vertedero, in de líquido
H _{oroy}	BP	Ancho del segmento proyectado, ft
HS	HS	Pérdidas de presión debido a la formación de burbujas, in de líquido claro
HT	HR	Carga total de líquido equivalente a la caída de presión total sufrida por el vapor, in de líquido caliente equivalente
HT _{min}	HT	Pérdida de presión mínima requerida para mantener las condiciones de operación en el punto de goteo, in de líquido claro
HT _{acum}	HM	Caída de presión máxima del vapor a través del plato originada por inundación del plato debido a acumulación de líquido en la bajante, in de líquido claro
HT _{CPmax}	HC	Caída de presión máxima del vapor a través del plato debido a la limitación de la caída máxima especificada, ft ²
ht _{min(A)}	H4	Pérdida de presión mínima requerida para mantener las condiciones de operación en el punto de goteo. Calculada por ec.(76), in de líquido claro
ht _{min(B)}	H5	Pérdida de presión mínima requerida para mantener las condiciones de operación en el punto de goteo. Calculada por ec.(77), in de líquido claro

HUD	HU	Pérdidas de presión bajo la bajante, in de líquido
Hw	HW	Altura del vertedero proyectado, in
K ₁	K1	Coefficiente de caída de presión
K ₂	K2	Coefficiente de caída de presión
LD	LD	Longitud del derramadero proyectado, ft
LD _{prov}	LD	Longitud del derramadero proyectado en la bajante lateral, ft
LD _s	WB	Longitud total del derramadero sumergido, ft
Lgpm	LG	Gasto del líquido, gpm
N _{canales}		Número de canales
N _{filas}	NF	Número de filas de válvulas
N _{v/f}	VF	Número de válvulas por fila
NP	NP	Número de pasos de flujo
NP _{máx}	NM	Número máximo de pasos
N _{v/ft²}	VF	Número de válvulas/ft ² de área neta de válvulas
N _{válv}	NV	Número de válvulas
N _{vigas}	NI	Número de vigas soporte
Pcfs	CF	Flujo de vapor, ft ³ /seg
PCM _{equiv}	PE	ft ³ /min de aire equivalentes
PCM _{válv}	EV	ft ³ /min de aire equivalentes por válvula
PCS _{netos}	CF	Pies cúbicos por segundo de aire netos
QL	QL	Gasto del líquido, lb/Hr
QV	QV	Gasto del vapor, lb/Hr
R		Anchura del arillo de sello, in
RL	RL	Densidad del líquido, lb/ft ³
RV	RV	Densidad del vapor, lb/ft ³

S	SI	Parámetro utilizado para el dimensionamiento del vertedero de relevo, in
SF	SF	Factor de aereación del sistema, adimensional
TD	TD	Espesor del plato, in
TSF	TS	Factor de corrección para espaciamentos diferentes a 24 pulgadas
TM	TI	Espesor de la válvula, in
TS	TS	Separación entre platos, in
TS'	TS	Parametro intermediario de espaciamento entre platos definido en ec. (25)
U	U	Carga del líquido sobre el plato, lb
V_{cfs}	VC	Gasto del vapor, ft^3/seg
VD	VK	Velocidad de líquido en la bajante, gpm/ft^2 de área de bajantes
VH	VH	Velocidad a través del orificio, ft/seg
V_{load}	VL	Factor de carga del vapor, definido en ec. (3)
WFP	WF	Anchura promedio de la trayectoria de flujo del líquido en el plato, ft
WL	WL	Longitud del vertedero, ft
WL(sd)	WS	Longitud del vertedero en la bajante lateral, ft
WL(sd)fondo	WB	Longitud del derramadero en el fondo de la bajante lateral, ft
WL(sd)proy		Longitud proyectada del derramadero en la bajante lateral, ft
β	BE	Factor de aereación del líquido en el área activa del plato definido en ec. (62) adimensional
σ	S	Tensión superficial del líquido, dinas/cm

PROGRAMA DE ALIMENTACION DE DATOS

```

0 REM NUMBRE DEL ARCHIVO: PLATOS
ULTIMA REVISION: 1 DE SEPTIEMBRE DE 1989
1 REM PROGRAMA DE ALIMENTACION DE DATOS
5 GOTO 400
10 REM SUBROUTINA DE CORRECCION DE DATOS
12 IF E2 = 1 THEN E4 = 16
14 IF E2 = 2 THEN E4 = 23
16 IF E3 = 1 THEN V$AB (E4): PRINT TAB( 2)"** DESEA CORREGIR U
IRO DATO(S/N) **": INPUT RES
18 IF E3 = 0 THEN V$AB (E4): PRINT TAB( 4)"** DESEA CORREGIR A
LGUNO (S/N) **": INPUT RES
20 IF RES < > "S" AND RES < > "N" THEN PRINT TAB( 15)"** ERR
OR **": GOTO 10
22 IF RES = "N" THEN ON E1 GOTO 440,472,530,640,640,640,600
24 IF RES = "S" THEN PRINT "CONTINUE CON EL NUMERO DE LA LINEA"
1 RETURN
40 REM SUBROUTINA PARA COMPROBACION DEL NUMERO DE CARACTERES
42 IF NC > ND THEN FOR I = 1 TO 2000: NEXT I: HOME: V$AB (12):
PRINT TAB( 6)"** ESCRIBIO MAS CARACTERES **": PRINT TAB( 6)
I"*** DE LOS DISPONIBLES ***": PRINT: ON NE GOTO 408,410,41
2,414,416,417,418,642,644,646
44 NB$ = "": I = 0: NB = ND - NC: FOR I = 1 TO NB + 1: NB$ = NB$ +
"1" NEXT I
45 RETURN
400 REM FORMATOS PARA LA ENTRADA DE DATOS
405 HOME: V$AB (6): PRINT TAB( 9)"*** PROGRAMA DE PLATOS ***"
: V$AB (13): PRINT TAB( 4)"*** DATOS DE ENTRADA ***": FOR I =
1 TO 2000: NEXT I: HOME
406 HOME: V$AB (6): HTAB (11): PRINT "** DATOS GENERALES **": V
TAB (9): HTAB (9): PRINT "CONTINUE A CADA PREGUNTA": V$AB (10): H
TAB (9): PRINT "DENTRO DEL ESPACIO ASIGNADO"
407 V$AB (12): HTAB (1): PRINT "(SI LUMETIU ALGUN ERROR NO SE PR
ECCUPE)": HTAB (2): PRINT "CONTINUE INSERTANDO LOS DEMAS DATOS)":
F5 = 0: E3 = 0: V$AB (18)
408 INPUT " FECHA (TIENE 8 CARACTERES UTILICE EL FORMATO DD
-MM-AA) ?": F$*INC = LEN (F$*IND = 8: E3 = 1:
GOSUB 401: F5 = 1: THEN GOTO 425
410 INPUT " NUMBRE DE LA PLANTA ( TIENE 34 CARACTERES
?)": PL$*INC = LEN (PL$*IND = 34: E3 = 2:
GOSUB 401: PL$ = PL$ + NB$: IF F5 = 1 THEN GOTO 425
412 INPUT " PROYECTO NUMERO (TIENE 5 CARACTERES) ?": PY$*INC =
LEN (PY$*IND = 5: E3 = 3: GOSUB 401: PY$ = PY$ + NB$: IF F5 = 1 THEN
GOTO 425
414 INPUT " LOCALIZACION (TIENE 28 CARACTERES) ?": LU$*INC =
LEN (LU$*IND = 28: E3 = 4: GOSUB 401: LU$ = LU$ + NB$: IF F5 = 1 THE
N GOTO 425
416 INPUT " CLAVE DEL EQUIPO (TIENE 10 CARACTERES) ?": CE$*INC =
LEN (CE$*IND = 10: E3 = 5: GOSUB 401: CE$ = CE$ + NB$: IF F5 = 1 THE
N GOTO 425
417 INPUT " CLAVE DE LA TORRE (TIENE 10 CARAC.) ?": CT$*INC =
LEN (CT$*IND = 10: E3 = 6: GOSUB 401: CT$ = CT$ + NB$: IF F5 = 1 THE
N GOTO 425
418 INPUT " SERVICIO (TIENE 48 CARACTERES) ?": SE$*INC =
LEN (SE$*IND = 48: E3 = 7: GOSUB 401: SE$ = SE$ + NB$: IF F5 = 1 THE

```

```

N GOTO 425
419 INPUT " DIAMETRO DE LA TORRE EN PIES " ?"DIT": IF FS
= 1 THEN GOTO 425
420 INPUT " NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION " ?"INST": IF FS
= 1 THEN GOTO 425
421 INPUT " PLATO CRITICO DE LA SECCION " ?"IPCT": IF FS
= 1 THEN GOTO 425
422 PRINT " TIPO DE PLATO O DISEÑO:" PRINT TAB( 8)"PERFORADO
METODO GLITSCH * PG *": PRINT TAB( 8)"PERFORADO METODO KOCH
* PK *": PRINT TAB( 8)"VALVULAS TIPO GLITSCH * G *
423 PRINT TAB( 8)"VALVULAS TIPO KULH * K *": INPUT " *
ESCRIBA LA INICIAL (PG,PK,G O K) *": MESE: IF MESE = "PG" OR MESE
= "PK" THEN 425
424 IF MESE < "K" AND MESE < "G" THEN GOTO 422
425 HOME: PRINT " * * * DATOS GENERALES QUE ACABA DE ALI- MC
NTAR SON:" PRINT:
426 PRINT " 1.- FECHA: "IFE: PRINT " 2.- NUMBRE DE LA PLANTA
I " : IPE: PRINT " 3.- PROYECTO NUMERO: " : IPE: PRINT " 4.- LOCALI-
ZACION: " : ILO: PRINT " 5.- CLAVE DEL EQUIPO: " : ICE: PRINT "
6.- CLAVE DE LA TORRE: " : ICE:
427 PRINT " 7.- SERVICIO: " : ISE: PRINT " 8.- DIAMETRO DE LA T
ORRE: " : IDI: PRINT " 9.- NUMERO DE PLATOS DE LA SECCION: " : INS:
PRINT " 10.- PLATO CRITICO DE LA SECCION: " : IPE: PRINT " 11.- TIPO
DE PLATO: " : IMESE: = IPE: = 0: GOSUB 10
428 INPUT ERES = IRES = 1: IF E > 1 AND E < 11 THEN GOTO
408,410,412,414,416,418,419,420,421,422
429 PRINT TAB( 15)" * * * PROC * *": GOSUB 10: GOTO 432
440 HOME: IFS = 0: ERES = 0: VIAB (3): HTAB (6): PRINT " * * * CONDICIONE
S DE OPERACION * * * PRINT:
442 INPUT " GASTO DE VAPOR EN LB/HR " ?"IUV": IF FS
= 1 THEN 460
444 INPUT " GASTO DE LIQUIDO EN LB/HR " ?"IUL": IF FS
= 1 THEN 460
446 INPUT " TEMPERATURA DEL VAPOR GRADOS CENTIG." ?"ITV": IF FS
= 1 THEN 460
448 INPUT " TEMPERATURA DEL LIQUIDO GRADO CENTIG." ?"ITL": IF FS
= 1 THEN 460
450 INPUT " DENSIDAD DEL VAPOR EN LB/FT3 " ?"IRV": IF FS
= 1 THEN 460
452 INPUT " DENSIDAD DEL LIQUIDO EN LB/FT3 " ?"IRL": IF FS
= 1 THEN 460
454 INPUT " PRESION DEL SISTEMA EN PSIA " ?"IPP": IF FS
= 1 THEN 460
455 IF MESE = "K" OR MESE = "G" THEN GOTO 460
458 INPUT " TENSION SUPERFICIAL EN DINAS/CM " ?"IS": IF FS =
1 THEN 460
460 HOME: PRINT " * * * LAS CONDICIONES DE OPERACION QUE ACABA DE
ALIMENTAR SON:" PRINT:
461 PRINT " 1.- GASTO DE VAPOR :....." : IUV: PRINT " 2.- G
ASTO DEL LIQUIDO :....." : IUL: PRINT " 3.- TEMPERATURA DEL VAPOR
K :....." : ITV:
462 PRINT " 4.- TEMPERATURA DEL LIQUIDO :....." : ITL: PRINT " 5.- D
ENSIDAD DEL VAPOR :....." : IRV: PRINT " 6.- DENSIDAD DEL LIQUIDO
:....." : IRL:

```

```

463 PRINT " 7.- PRESION DEL SISTEMA :....."PR
464 IF ME$ = "PG" OR ME$ = "PK" THEN PRINT " 8.- TENSION SUPER
FICIAL :....."PR
465 EI = 2IE2 = 1: GOSUB 10
467 IF ME$ = "PG" OR ME$ = "PK" THEN INPUT E:ES = 1:FS = 1: IF
E > = 1 AND E < = 8 THEN ON E GOTO 442,444,446,448,450,452,454
.458
468 IF ME$ = "G" OR ME$ = "K" THEN INPUT E:ES = 1:FS = 1: IF E
> = 1 AND E < = 7 THEN ON E GOTO 442,444,446,448,450,452,454
470 PRINT TAB(15)** ERROR ** : GOSUB 10: GOTO 467
472 IF = 0.820:HM = 0.600:HW = 2.000:TD = 0.073:DH = 0.375:AV = 0
.150:SF = 1.000:TB = 18.000:TM = 12.000:ES = 0
473 IF DT < 36 THEN FF = 0.720
474 HOME : VTAB (2): HTAB (7): PRINT "** CONDICIONES DEL SISTEMA
**": VTAB (4): HTAB (1): FOR I = 1 TO 40: PRINT **: NEXT I: VI
AB (6): PRINT **: SPC(8)** --DATOS OPCIONALES-- ": SPC( 6)**"
"
476 VTAB (8): PRINT " 1 FACTOR DE INUNDACION": SPC( 9):FF: TAB(
40)**: PRINT " 2 ALTURA DEL VERTEDERO (PULG)": SPC( 2):HM: TA
B( 40)**"
478 PRINT " 3 CAIDA PRES-MAX DEL PLATO(PSI)":AV: TAB( 40)**: P
RINT " 4 FACTOR DEL SISTEMA": SPC( 11):SF: TAB( 40)**: PRINT " 5
ESPACIAMIENTO INICIAL (PULG)": SPC( 11):SI: TAB( 40)**:
479 PRINT " 6 ESPACIAMIENTO MINIMO (PULG)": SPC( 2):TM: TAB( 40
)**: FOR I = 1 TO 40: PRINT **: NEXT I:EI = 3:IE2 = 2: GOSUB 1
0
480 GOTO 502
481 INPUT " FACTOR DE INUNDACION " ?"FF: GOTO 4
74
484 INPUT " ALTURA DEL VERTEDERO (PULG) " ?"HM: GOTO 4
74
490 INPUT " CAIDA DE PRESION MAXIMA DEL PLATO(PSI)?"AV: GOTO
474
492 HTAB (10): PRINT "FACTOR DEL SISTEMA": PRINT SPC( 10):"SER
VICIO": SPC( 6):"FACT. DEL SIST.": FOR I = 1 TO 39: PRINT "--": N
EXT I: PRINT " SIN ESPUMADO": SPC( 15):"1.00": PRINT " SISTEMA
5 FLUORADOS": SPC( 9):"0.90"
494 PRINT " ESPUMADO MODERADO": SPC( 10):"0.85": PRINT " ESPUM
ADO PESADO": SPC( 12):"0.73": PRINT " ESPUMADO SEVERO": SPC( 12)
:"0.60": PRINT " SIST. DE ESPUMA ESTABLE": SPC( 5):"0.30": INPUT
SI: GOTO 474
496 INPUT " ESPACIAMIENTO INICIAL (PULO) " ?"SI: IF SI
< 1M THEN GOTO 498
497 GOTO 474
498 INPUT " ESPACIAMIENTO MINIMO (PULO) " ?"TM: GOTO 4
74
502 INPUT E:ES = 1: IF E > = 1 AND E < = 8 THEN ON E GOTO 481
,484,490,492,496,498
505 PRINT TAB(15)** ERROR ** : GOSUB 10: GOTO 502
530 IF ME$ = "PG" OR ME$ = "PK" THEN GOTO 670
531 IF ME$ = "K" THEN GOTO 620
532 HOME : VTAB (3): HTAB (8): PRINT "** PLATOS TIPO GLITSCH **
":FS = 0:ES = 0
534 HTAB (18): PRINT "TIPO DE VALVULA " : HTAB (19):

```



```

PRINT "V-1": HTAB (19): PRINT "V-4"
536 INPUT " TIPO DE VALVULA. (SELECCIONE UNA Y ES-CRIBALA COMPL
ETA. POR EJEMPLO SI UD. ES-CUOIO LA 'V-1' ESCRIBA V-1 )
": M1: IF M1 < > "V-1" AND M1 < > "V-4" THEN 534
538 IF M1 = "V-1" THEN K1 = 0.2: GOTO 541
540 IF M1 = "V-4" THEN K1 = 0.1:
541 IF F3 = 1 THEN 560
542 HTAB (10): PRINT "ESPESOR DE PLATO": HTAB (16): PRINT "1.- 0
.078 PULG.": HTAB (16): PRINT "2.- 0.104 PULG.": HTAB (16): PRI
NT "3.- 0.134 PULG.": HTAB (16): PRINT "4.- 0.250 PULG."
543 INPUT " ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-4) * NO SE DISPO
NE DE VALVULAS TIPO 'V - 4' PARA ESPESORES DE PLATO DE 0.250 PUL
G.": M2: IF M2 > 4 OR M2 < 1 THEN 542
544 IF M1 = "V-4" AND M2 = 4 THEN PRINT "NO EXISTE VALVULA PAR
A EL ESPESOR DE PLATO ESCUOIO. SELECCIONE OTRO ESPESOR DE PLATO
O OTRO TIPO VALVULA": GOTO 542
545 IF F3 = 1 THEN 560
546 HTAB (10): PRINT "ESPESOR DE LA VALVULA": HTAB (20): PRINT "
(CALIBRE)": HTAB (16): PRINT "1.- 20": HTAB (16): PRINT "2.-
18": HTAB (16): PRINT "3.- 16": HTAB (16): PRINT "4.- 14"
: HTAB (16): PRINT "5.- 12": HTAB (16): PRINT "6.- 10"
550 INPUT " ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-6) ": M3: IF M3
> 6 OR M3 < 1 THEN 546
551 IF F3 = 1 THEN 560
552 HTAB (10): PRINT "MATERIAL DE LA VALVULA": HTAB (16): PRINT "1.- A
CERO"
: HTAB (16): PRINT "2.- ACEPTO AL CARBON": HTAB (16): PRINT "3.- ACEPTO
INOXIDABLE": HTAB (16): PRINT "4.- NIQUEL": HTAB (16): PRINT "5.-
TITANIO": HTAB (16): PRINT "6.- HA
SSTLOY"
554 HTAB (16): PRINT "7.- ALUMINIO": HTAB (16): PRINT "8.- COBRE"
: HTAB (16): PRINT "9.- PLOMO"
556 INPUT " ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-9) ": M4: IF M4
> 9 OR M4 < 1 THEN 552
560 PER CALCULO DEL COEFICIENTE DE CAIDA DE PRESION DEBIDO A ES
PESORES DE PLATO
572 IF K1 = 0.2 AND M1 = 1 THEN K2 = 1.05: GOTO 582
574 IF K1 = 0.2 AND M1 = 2 THEN K2 = 0.92: GOTO 582
576 IF K1 = 0.2 AND M1 = 3 THEN K2 = 0.82: GOTO 582
578 IF K1 = 0.2 AND M1 = 4 THEN K2 = 0.59: GOTO 582
580 IF K1 = 0.1 THEN K2 = 0.50
582 PER CALCULO DE LOS ESPESORES DE LAS VALVULAS
584 IF M2 = 1 THEN T1 = 0.037: GOTO 596
586 IF M2 = 2 THEN T1 = 0.050: GOTO 596
588 IF M2 = 3 THEN T1 = 0.060: GOTO 596
590 IF M2 = 4 THEN T1 = 0.074: GOTO 596
592 IF M2 = 5 THEN T1 = 0.104: GOTO 596
594 IF M2 = 6 THEN T1 = 0.134
596 PER CALCULO DE LA DENSIDAD DEL METAL DE LAS VALVULAS
598 IF M3 = 1 THEN DM = 480: GOTO 615
600 IF M3 = 2 THEN DM = 510: GOTO 615
602 IF M3 = 3 THEN DM = 553: GOTO 615
604 IF M3 = 4 THEN DM = 550: GOTO 615
606 IF M3 = 5 THEN DM = 283: GOTO 615

```

```

608 IF M3 = 6 THEN DM = 560: GOTO 615
610 IF M3 = 7 THEN DM = 168: GOTO 615
612 IF M3 = 8 THEN DM = 560: GOTO 615
614 IF M3 = 9 THEN DM = 708
615 HOME : PRINT "**LOS DATOS DE PLATOS GLITSCH QUE ACABA DE A
LIMENTAR SON**": PRINT :
616 PRINT "1.- TIPO DE VALVULA :.....":TUS: PRINT "2.- ESP
ESUR DE PLATO :.....":MI: PRINT "3.- ESPESUR DE LA VALVULA :
.....":M2: PRINT "4.- MATERIAL DE LA VALVULA :.....":M3:EI = 4:EI2
= 1: GOSUB 10
617 INPUT E1E3 = 1:FS = 1: IF E > = 1 AND E < = 4 THEN ON E G
O 10 534,542,546,552
619 PRINT TAB( 15):** ERROR **": GOSUB 10: GOTO 617
620 REM METODO DE KUCH
630 HOME : VTAB (3): HTAB (10): PRINT "** PLATOS TIPO KUCH **
":FS = 0:EI3 = 0
632 HTAB (14): PRINT "TIPO DE VALVULA " : HIAB (19):
PRINT "A": HIAB (19): PRINT "T": HIAB (19): PRINT "K-8
"
634 INPUT " ¿SELECCIÓN UNA Y ESCRIBALA COMPLETA. POR EJEMPLO S
I UD. ESCUGIO LA "K-8" ESCRIBA K-8 )
?:TUS: IF TUS = "1" OR TUS = "A" THEN 638
636 IF TUS < > "K-8" THEN 632
638 IF FS = 1 THEN 638
640 IF TUS = "K-8" THEN M2 = 0: GOTO 646
642 HIAB (10): PRINT "ESPESUR DE LA VALVULA": HIAB (20): PRINT "
(CALIBRE)": HIAB (16): PRINT "1.- 18": HIAB (16): PRINT "2.-
16": HIAB (16): PRINT "3.- 14"
644 INPUT " ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-3) ?":M2: IF M2
> 3 OR M2 < 1 THEN 640
646 IF FS = 1 THEN 658
648 HIAB (10): PRINT "TIPO DE PITCH": PRINT : HIAB (15): PRINT "
1.- 3 1/4 X 2 3/4": HIAB (15): PRINT "2.- 3 X 2 1/2": PR
INT : PRINT :
650 INPUT " ESCRIBA EL NUMERO DE LA OPCION (1-2) ?":M3: IF M3
> 2 OR M3 < 1 THEN 648
652 IF FS = 1 THEN 658
654 IF M3 = 1 THEN M14 = "3 1/4 X 2 3/4": GOTO 658
656 IF M3 = 2 THEN M14 = "3 X 2 1/2"
658 HOME : PRINT "**LOS DATOS DE PLATOS KUCH QUE ACABA DE ALIM
ENTAR SON**": PRINT : PRINT "1.- TIPO DE VALVULA :.....":TUS:
PRINT "2.- ESPESUR DE LA VALVULA :.....":M2: PRINT "3.- TIPO DE
PITCH :.....":M3:EI1 = 5:EI2 = 1: GOSUB 10
662 INPUT E1E3 = 1:FS = 1: IF E > = 1 AND E < = 3 THEN ON E G
O 10 632,640,648
664 PRINT TAB( 15):** ERROP **": GOSUB 10: GOTO 662
670 REM PLATOS PERFORADOS
672 HOME : VTAB (3): HIAB (8): PRINT "** PLATOS PERFORADOS **
":FS = 0:EI3 = 0
674 INPUT " FACTOR DE GOTEU " :?":FM: IF FS
= 1 THEN GOTO 682
676 INPUT " ESPESUR DEL PLATO (PULG) " :?":TD: IF FS
= 1 THEN GOTO 682

```

```

678 INPUT " DIAMETRO DEL ORIFICIO (PULG) " D1;DH
682 HOME : PRINT "**LOS DATOS DE PLATOS PERFORADOS QUE ACABA
A DE ALIMENTAR SON:** PPINI : PRINT "1.- FACTOR DE GOTE0 1.....
...."IF P1: PRINT "2.- ESPESOR DEL PLATO 1....."ITDI: PRINT "3.-
DIAMETRO DEL ORIFICIO 1....."IDH:EI = 6:IE2 = 17:GOSUB 10
686 INPUT E:ES = 1:FS = 1: IF E > = 1 AND E < = 3 THEN ON E G
OTO 674,676,678
688 PRINT TAB( 15): "** ERROR **": GOSUB 10: GOTO 686
690 HOME : VTAB (3): HTAB (14): PRINT "** METALURGIA **": PRINT
FS = 0:ES = 0
692 INPUT " PLATO (TIENE 14 CARACTERES) " :IMPS:INC =
LEN (MP):IND = 14:NE = 8: GOSUB 40:IMPS = MP + NB: IF FS = 1 THE
N GOTO 698
694 INPUT " BAJANTE (TIENE 14 CARACTERES) " :IMBS:INC =
LEN (MB):IND = 14:NE = 8: GOSUB 40:IMBS = MB + NB: IF FS = 1 THE
N GOTO 698
696 IF ME < > "PG" AND ME < > "PK" THEN INPUT " VALVULAS
(TIENE 14 CARACTERES) " :IMV:INC = LEN (MV):IND = 14:NE = 1
0: GOSUB 40:IMV = MV + NB
698 HOME : PRINT "**LOS MATERIALES QUE ACABA DE ALIMENTAR, SON
1:** PRINT : PRINT " 1.- PLATO ....." :IMPS: PRINT " 2.- BAJANTE ...
" :IMBS: IF ME < > "PG" AND ME < > "PK" THEN PRINT " 3.- VALVU
LAS .." :IMV:EI = 7:IE2 = 17: GOSUB 10: GOTO 701
701 IF ME < > "PG" OR ME < > "PK" THEN INPUT E:ES = 1:FS = 1: IF
E > = 1 AND E < = 2 THEN ON E GOTO 692,694
702 IF ME < > "PG" AND ME < > "PL" THEN INPUT E:ES = 1:FS =
1: IF E > = 1 AND E < = 3 THEN ON E GOTO 692,694,696
704 PRINT TAB( 15): "** ERROR **": GOSUB 10: GOTO 701
800 IF IUS = "V-1" THEN IU = 1
801 IF IUS = "V-4" THEN IU = 2
802 IF IUS = "A" THEN IU = 3
803 IF IUS = "I" THEN IU = 4
804 IF ME = "PG" THEN ME = 1:MT = 1
805 IF ME = "G" THEN ME = 2
806 IF ME = "E" THEN ME = 3
808 IF ME = "PK" THEN ME = 1:MT = 2
850 VTAB (15): PRINT : PRINT "SE INICIA ENCADENAMIENTO CON EL PR
OGRAMA
DE DIBENO DE PLATOS"
851 PRINT CHR*(4):"BLOADCHAIN.A520.D1": CALL 520"PLATOS-BB-5.D
1"

```

PROGRAMA PRINCIPAL DE DISEÑO

```

0 KEM NOMBRE DEL ARCHIVO: PLATOS-1
ULTIMA CORRECCION 29-VIII-83
1 MEM PROGRAMA PRINCIPAL DE DISEÑO
36 IF ME = 1 THEN ME$ = "P"
37 IF ME = 2 THEN ME$ = "O"
38 IF ME = 3 THEN ME$ = "K"
39 IF TU = 3 THEN TU$ = "A"
40 IF TU = 4 THEN TU$ = "T"
41 IF TU = 5 THEN TU$ = "K-1"
49 N = 10: DIM X(N): GOTO 70
50 REM SUBROUTINA NEWTON RAPHSON
52 FOR H = 1 TO 10: IF J = 1 THEN X(1) = 0.25*X1 = SUR (X(H) *
(1 - X(H)))*X2 = 1 - 2 * X(H)*X3 = AS / A2:FN = ( ATN ( SUR (1 -
X2 ^ 2) / X2) - 2 * X2 * X1) / 3.14159 - X3:XD = (1 / X1 - X2 ^ 2
/ X1 + 4 * X1) / 3.14159: GOTO 60
54 X(1) = 1:F = X(H): IF F < 0 THEN F2 = ABS (F) ^ 2:F3 = - 1 *
ABS (F) ^ 3:F4 = ABS (F) ^ 4: GOTO 57
56 F2 = F ^ 2:F3 = F ^ 3:F4 = F ^ 4
57 X4 = WL / D1:X5 = 61.45 / X4: IF (1 - X4 ^ 2) < 0 THEN 65
58 X6 = SUR (1 - X4 ^ 2 / F3):X7 = SUR (1 - X4 ^ 2):XN = X6 / F
+ (X6 - X7) - LG ^ (2 / 3) / WL ^ (5 / 3):XD = (X5 / F + (3 / 2
* X4 ^ 2 / F4)) / X6 - ((X5 / F2) + (X6 - X7))
60 X(H + 1) = X(H) - XN / XD: IF ABS (X(H + 1) - X(H)) < = .001
THEN GOTO 68
62 IF H < N - 1 THEN NEXT H: GOTO 68
63 IF J = 1 THEN PRINT "NO HAY CONVERGENCIA": ERD
65 IF J = 2 THEN F = 1
68 RETURN
70 IF PR < = 13.25 THEN SV$ = "VACIO"
71 MEM CALCULO DEL GASIO DEL LIQUIDO EN GPM Y DEL GASIO DEL VAPO
R EN FT3/BEG
72 LG = 0.124676 * QL / RL:VC = QV / (3600 * RV):FB = 0.10
74 MEM CALCULO DEL FACTOR DE CARGA DEL VAPO
76 VL = VC * SUR (RV / (RL - RV)):NP = 1
77 IF FB < TM THEN TM = TM - 1
78 MEM ESTIMACION APROXIMADA DEL AREA ACTIVA
80 FL = LG * SUR (PL / RV) / (448.6 * VC):CF = EXP (0.0479 * TS
):C1 = 0.118 * CF: IF FL < 0 THEN 82
81 C2 = 0.425 * CF * (0.1092 - 0.058 * LOG (FL)): IF C2 > 0 THEN
IF C2 < = C1 THEN CA = C2: GOTO 84
82 CA = C1
84 AG = VL / (CA * SF * FF)
86 MEM CALCULO DEL AREA DE LA BAJANTE
88 IF ME$ = "K" OR ME = 2 THEN GOTO 104
90 MEM METODO DE GLITSCH
92 V(1) = 250 * SF:V(2) = 41 * SUR (WL - RV) * SF:V(3) = 7.5 *
SUR (TS + (PL - RV)) * SF:VP = V(1): FOR I = 2 TO 3: IF VP < = V
(I) THEN GOTO 96
94 VP = V(I)
96 NEXT I:VQ = VP:AV = LG / (VG * FF):A1 = 2 * AV:A2 = 0.11 * AV
+ IF A1 < = A2 THEN A3 = A1: GOTO 100
98 A3 = A2
100 IF AV > = A3 THEN EQ = AV: GOTO 102

```

```

101 EG = A3
102 IF ME# = "G" OR MI = 1 THEN AD = EG: GOTO 116
104 REM METODO DE KUCH
106 IF TS < = 30 THEN TP = TS: GOTO 110
108 IF = 30
110 V4 = 8.578 * TP + SF:V5 = 0.533 * TP + (RL - RV) * 0.82 * SF
  IF V4 < = V5 THEN VK = V4: GOTO 112
111 VK = V5
112 EK = LG / (VK * FF): IF ME# = "K" OR MI = 2 THEN AD = EK
116 REM CALCULO DEL AREA Y DIAMETRO DE LA TORRE
118 AZ = AG + 2 * AD:AR = VL / (0.78 * CA * FF): IF ME# = "G" AND
  AR > AZ THEN AZ = AR
119 DC = SUR (4 * AZ / 3.14159)
120 REM REDONDEANNO DI A DIAMETROS COMERCIALES MULTIPLOS DE 1/8
  DE PIE
122 DB = INT (DC) * A = DC - DB
124 G = 0: FOR G = 1 TO 8: B = 1 / B: IF A < = B * G THEN DP = DB
  + B * G: GOTO 127
126 NEXT G
127 IF A4 = 1 THEN 137
128 IF ME# = "G" THEN CV = 147
130 IF ME# = "P" OR ME# = "K" THEN CV = 96
135 DT = DP:AZ = (DT / 2) * 2 + 3.14159: IF JA = 1 THEN 179
134 REM CALCULO DE LA ALTURA DEL CORDON G ANCHO DE LA BAJANTE
136 AS = AD * NP * - (0.916 + 0.0476 * NP): J = 1: GOSUB 50:HG =
  X(H + 1):HA = HG * DT * 12:A4 = 1:DB = INT (HA):A = HA - DB: GOTO
  U 124
137 HA = DP / 12:A4 = 0
138 REM CALCULO DE LA LONGITUD DEL VERTEDERO
140 WS = 2 * SQF (HA * (DT - HA)):WL = WS + DT * (NP - 1) * 0.94
  6
142 REM CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TRAYECTORIA DE FLUJO
144 FP = (DT - 2 * HA - (2 * (AD / DT) * (NP - 1) * 0.054 * (1 -
  AS / AD)) / NP
146 REM CALCULO DEL ANCHO DE LA TRAYECTORIA DE FLUJO
148 WF = AG / FP
150 REM CALCULO DEL AREA ACTIVA
152 IF ME# = "K" OR MI = 2 THEN GOTO 162
154 REM METODO DE GLITSCH
156 C(1) = IS * 0.65 * RV * 0.167 / 12: C(2) = 0.3174 + 0.04122 *
  (IS - 1M) * 0.483 - 1E - 6 * RV * (245 + 661 + IS): C(3) = 0.595 -
  0.0596 * RV: CP = C(1): FOR M = 2 TO 3: IF CP < = C(M) THEN GOTO
  U 160
158 CP = C(M)
160 NEXT M:CG = CP:FG = (VL + LG * (FP / 1083)) / (CG * SF * FF)
  1: IF ME# = "G" OR MI = 1 THEN AB = FG:CA = CG: GOTO 170
162 REM METODO DE KUCH
163 IF RV < = 1.5 THEN CB = 0.153:CC = 0.587: GOTO 165
164 CB = 0.172:CC = 0.546
165 C4 = 0.1667 + IS / 82.3: C5 = CB * TS * CG * (0.553 - LG / (47
  * WL * FF * CB * TS * CC)): IF C5 > 0 THEN IF C4 > C5 THEN CK
  = C5: GOTO 167
166 CK = C4

```

```

167 FK = VL / (CK * SF * FF) AB = FK CA = CK
168 REM COMPARACION DEL AREA ACTIVA SUPUESTA "AG" Y DEL AREA AC
169 TIVA CALCULADA "AB"
170 IF M2 = 1 THEN 176
171 IF L = 1 THEN L = 0.1AA = AB: GOTO 180
172 IF ABS ((AB - AG) / AB) > 0.05 THEN AG = AB: GOTO 86
173 M1 = M1 + 1: IF M1 < 4 AND ABS ((AB - AG) / AB) > 0.01 THEN
AG = AB: GOTO 86
174 IF ABS ((AB - AG) / AB) > 0.01 AND AB < AG THEN M2 = 1: AG =
AB: GOTO 86
175 M1 = 0.1M2 = 0.1AG = AB: AA = AG: AY = AZ: DA = D: DA = 1: GOTO 11
6
176 JA = 0: IF L = 0 THEN IF ABS (DI - DX) > 0.125 AND ABS ((D
I - DX) / DI) > 0.05 THEN L = 1: AD = AD * AZ / AY: GOTO 134
180 BH = H: HDS = AS: OS = AS: ST = AB: REM COMPARACION DEL NUMERO D
E PASOS Y DE LA CARGA SOBRE EL VERTEDERO.
181 IF MES = "K" THEN IF LG / (DI * NP) > 80 OR LG / WL > 96 TH
EN GOTO 183
182 IF LG / WL < = CV THEN 187
183 N2 = ABS ((0.377 * SUR (AZ)) + 1) N1 = 5: IF N2 < = N1 THE
N NM = N2: GOTO 185
184 NM = N1
185 IF NP < NM THEN NP = NP + 1: GOTO 134
186 IF LG / WL > 240 THEN PRINT "CARGA DE LIQUIDO SOBRE EL VERT
EDERO MUY ALTA. EXISTE POCO VAPOR Y DEMASIADO LIQUIDO. REVISAR CU
NDICIONES DE ENTRADA": STOP
187 IF (LG / WL > 50 AND DI > = 4) AND MES = "L" THEN 400
188 IF MES = "P" AND MT = 2 THEN FE = VL / (CA * SF * AA): GOTO
193
193 REM CALCULO DEL FACTOR DE INUNDACION CORREGIDO
189 F6 = 0: IF MES = "K" THEN 430
190 IF LG / WL / 12 < 0.5 THEN F6 = VL / (AZ * CA * 0.78)
191 F7 = (VL * (LG * FP / 1000)) / (AA * CA): IF F6 > F7 THEN FE
= F6: GOTO 193
192 FE = F7
193 IF FE > FF AND (FE - FF) > 0.01 THEN DI = SUR (DI * 2 * FE
/ FF): L = 1: DC = D: DA = L4 + 1: IF L4 < = 3 THEN GOTO 120
194 IF (FE < = FF) OR ABS (FE - FF) < = 0.01 THEN 334
195 L5 = L5 + 1: L4 = 0: L5 = L5 + 1: IF L5 < = 3 THEN NP =
1: GOTO 78
196 PRINT "VERIFICAR CONDICIONES. EL PLATO ESTA INUNDADO. EL FAC
TOR DE INUNDACION CALCULADO ES MAYOR QUE EL ESPECIFICADO": STOP:
REM CALCULO DE LA ALTURA DE LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO
197 J = 2: GOSUB 50: F = X(H + 1): HO = 0.092 * F * (LG / WL) * (2
/ 3)
198 REM CALCULO DE LA PERDIDA DE PRESION DEBIDO A LA FORMACION
DE BURBUJAS
199 HS = 0.04 * S / (RL * DH)
201 REM CALCULO DE LA ALTURA EFECTIVA DE LIQUIDO EN EL PLATO O
ALTURA DE LIQUIDO CLARO
204 REM ECUACION DE FAIR
205 FS = VC / AA * RV * 0.5: SF = 0.477 - 0.814 * FS + 0.341 * FS
* 2 - 0.0636 * FS * 3: H1 = BE * (HW + HU)
208 REM ECUACION DE FUSB Y GEKSTER
210 H2 = 0.24 + 0.725 * HW - (0.29 * HW * VC / AA * SUR (RV)) +

```

```

(0.01 * LG / WF)
212 REM ECUACION DE HUGHMARK Y O'CONNELL
214 F1 = HW + H01FS = VC / AA * RV * 0.5; IF F1 < 1.4 THEN G4 = 0
    .374 + 1.12 * F1 - 0.268 * F1 ^ 2 + 0.027 * F1 ^ 3 - H5; IF SVF =
    "VACIO" THEN HL = G4; GOTO 224
215 IF F1 < 1.4 THEN GOTO 218
216 G4 = 0.377 + 0.955 * F1 - 0.221 * F1 ^ 2 + 0.024 * F1 ^ 3 - H
    5
218 REM MENOR DE H1, H2 Y G4
219 IF H1 < = H2 AND H1 < = G4 THEN HL = H1; GOTO 222
220 IF H2 < = H1 AND H2 < = G4 THEN HL = H2; GOTO 222
221 HL = G4
222 IF ME* = "K" THEN 552
224 REM CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION BAJO LA BAJANTE
226 AU = 0.42 * ADITHU = 0.558 * (LG / (448.8 * AU)) ^ 2
228 REM CALCULO DEL AREA MAXIMA PERFORADA
234 C6 = DH / TDTU = (880.5 - 67.7 * C6 + 7.32 * C6 ^ 2 - 0.358
    * C6 ^ 3) / 1000TH = 1 - (2.48 / (CO ^ 2 * RL)) * (3.26 + 3.57 *
    (HL + HS)); IF H3 > = 0 THEN H3 = - 0.96 / (0.238 * CO ^ 2 *
    RL * (1 - SUR (HS)))
235 H4 = HL + 0.35 * (HW + HU) * 0.573; IF H3 > 0 THEN IF H3 > H
    4 THEN HT = H3; GOTO 238
236 HT = H4
238 AM = FW * VC / SUR ((FW * VC / AA) ^ 2 + (5.38 * CO ^ 2 * (R
    L / RV) * (HT - HL - HS))); AJ = 0.15 * AA; IF AM < = AJ THEN AX
    = AM; GOTO 242
240 AX = AJ
242 REM CALCULO DEL AREA MINIMA PERFORADA
244 HM = (0.5 * TS - 0.5 * HW - HU / FF) * (2 / 3) + ((RL - RV) /
    RL) - HU / FF; T1AL = VC / FF / SUR ((VC / FF * AA) ^ 2 + (5
    .38 * CO ^ 2 * (RL / RV) * (HM - HL - HS)))
245 HC = 1/28 / RL * AVIAL = VC / SUR ((VC / AA) ^ 2 + (5.38 * C
    O ^ 2 * (RL / RV) * (HC - HL - HS))); A(5) = 0.05 * AA; A(6) = AETA
    (7) = ACTAL * A(6); FOR I = / 10 8; IF AL > = A(I) THEN GOTO 24
    8
246 AL = A(1)
248 NEXT I; AI = AL
250 REM CALCULO DEL AREA PERFORADA (MENOR DE AI Y AX)
252 IF AI < = AX THEN AH = AI; GOTO 256
254 AH = AX
256 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO
258 REM ECUACION DE HUGHMARK Y O'CONNELL
260 H(5) = 0.186 / CO ^ 2 * (VC / AH) ^ 2 * (RV / RL) * (1 - (AH
    / AA) ^ 2)
262 REM ECUACION DE HUNT
263 IF C6 < 0.5 OR C6 > 5 THEN H(6) = 100; GOTO 266
264 C7 = 1.09 * (DH / TD) * 0.25; FA = 0.01; H(6) = 0.186 * C7 * (V
    C / AH) ^ 2 * RV / RL * (0.5 - 0.4 * (AH / AA) + 4 * (FA * TD / D
    H) + (1 - AH / AA) ^ 2)
266 REM ECUACION DE LEIBSON
268 C8 = (0.836 + 0.273 * (TD / DH)) * (0.674 + 0.717 * (AH / AA)
    ) * H(7) = 0.186 / C8 ^ 2 * (VC / AH) ^ 2 * RV / RL
270 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO MENOR

```

```

272 HA = HIG): FOR G = 6 TO 7: IF HA * = HIG) THEN GOTO 275
274 HA = HIG)
275 NEXT G:HD = HA
276 REM CALCULO DE LA PERDIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR A TRAVEZ
    ES DEL PLATO
277 HR = HD + HL + HS
278 REM CALCULO DE LA ALTURA EFECTIVA DE LIQUIDO EN LA BAJANTE
280 HP = HW + HO + (HR + HO) * (RL / (RL - RV))
281 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION
282 AP = HR * (RL / 1728): IF AP > AV THEN IF ABS ((AP - AV) /
    AP) > .10 THEN IS = IS - 1: PRINT "IS=":IS:AMTI = TI + 1:
    IF TI < = 5 THEN GOTO 76
283 IF ABS ((AP - AV) / AP) < = .05 THEN GOTO 286
284 IF IS < 5 THEN PRINT "LA CAIDA DE PRESION DEL PLATO A LAS C
    ONDICIONES DEL SISTEMA SOBREPASA LA CAIDA DE PRESION MINIMA ESPE
    CIFICADA AL PRINCIPIO DEL DISEÑO": PRINT : PRINT "CAIDA DE PRESIO
    N MINIMA ESPECIF. : "AV: PRINT "CAIDA DE PRESION CALCULADA : "AP
285 IF MES = "G" THEN 344
286 REM CAIDA DE LIQUIDO SOBRE EL PLATO
287 U = (HL + AA + HP + AD) * (RL / 12):
288 GOTO 600
289 REM CALCULO DEL PORCENTAJE DE INUNDACION EN LA BAJANTE
300 IF (MES = "P" AND MI = 2) THEN FI = LG / (VK * AD): GOTO 3
    40
301 IF (MES = "G" OR (MES = "P" AND MI = 1)) THEN FI = LG / (VG
    * AD): GOTO 340
302 IF MES = "K" THEN FI = FF + ER / (BI + B2)
304 IF SVS = "VACIO" THEN 346
340 REM COMPARACION ENTRE FF Y FI INUNDACION EN EL PLATO Y EN L
    A BAJANTE
341 IF L2 = 0 THEN IF ((ABS ((FE - FI) / FE) > = FB AND L1 >
    = 3) AND FE > = FI) THEN AD = AD * (FE + FI) / 2:L = 1:L1 = 0:L
    2 = 1:FB = 0.15: GOTO 116
342 IF L2 = 0 THEN IF (ABS ((FE - FI) / FE) > = FB AND L1 >
    = 3) AND FE < FI THEN AD = AD * FF / ((FE + FI) / 2):L = 0
    :L2 = 1:FB = 0.15: GOTO 116
345 IF ABS ((FE - FI) / FE) < = FB THEN GOTO 346
344 IF L2 = 0 THEN DT = SQRT (DT * 2 + FE / FF):AD = AD + FI / F
    :L = 1:L1 = L1 + 1:DC = DT: GOTO 120
346 L1 = 0:L2 = 0: IF MES = "P" THEN 147
347 IF MES = "K" THEN 442
350 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION POR EL METODO DE GLITSCH
352 REM CALCULO DE LA ALTURA EFECTIVA DE LIQUIDO EN EL PLATO U
    ALTURA DE LIQUIDO CLARO
353 REM CALCULO APROXIMADO DEL NUMERO DE VALVULAS TIPO BALASTRA
    EN EL PLATO
356 REM CALCULO DEL NUMERO DE VIGAS SUPORTE
357 BA = 5: IF (DT < = 12 AND FP > 43 / 12) THEN NM = 1: GOTO 3
    62
358 IF DT > 12 AND FP > 43 / 12 THEN NM = 6
359 IF DT < = 12 THEN NI = 0
360 IF DT < = 18 THEN NI = 1
361 IF DT > 18 THEN NI = 2

```



```

362 IF D1 < 12 THEN NF = INT (((CFP * 12 - G.S) / (G.S * BA))
+ 1) * NP) + U.S) : NS = INT (((WF * 12 / (5.75 * NP)) - G.S * (N
+ 1)) + 0.5) : NV = INT (NU * NF - NM) : GOTO 368
363 IF BA = 3 THEN VF = 12
364 IF BA = 3.5 OR BA = 4 THEN VF = 10
365 IF BA = 4.5 THEN VF = 8
366 IF BA = 5 THEN VF = 6
367 NV = VF * AA - NM
368 REM CALCULO DEL AREA DE LAS PERFORACIONES
370 AH = NV / 78.5
372 REM CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL VAPOR A TRAVES DEL AREA PER
FORADA
374 VH = VC / AH
376 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO Y SELECCIO
N DEL VALOR MAYOR
378 G1 = 1.35 * F1 * DM / KL + (K1 * VH ** 2 + KV / RL) : G2 = K2 *
VH ** 2 + KV / RL : IF G1 > G2 THEN IF BA < 6 THEN BA = BA + 0.5
IF BA < 5 THEN GOTO 382
379 IF G2 > G1 THEN HD = G2 : GOTO 382
380 IF BA > 5 AND BA < 6 THEN BA = 6 : GOTO 382
381 HD = G1
382 REM CALCULO DE LA ALTURA DE LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO
384 HU = 0.4 * (LG / (KL * 12)) ** (2 / 3) : HE = 0.4 * HW
386 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION
388 HK = HD + HO + HL
390 REM CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION BAJO LA BAJANTE
392 AU = 0.42 * AD : HU = 0.65 * (LG / (448.8 * AU)) ** 2 : GOTO 281
394 REM CALCULO DE LA ALTURA EFECTIVA DE LIQUIDO EN LA BAJANTE
396 HP = HW + HO + (HR + HD) * (RL / (RL - RV)) : IN = HP / TS : GOT
O 286
400 REM DERRAMADEMOS DE RELEVO
402 IF D1 > 12 THEN B3 = 12 : B4 = 7 : C3 = 18 : C4 = 10 : D1 = 14 : D2 =
21 : GOTO 404
403 B3 = 8 : B4 = 4 : C3 = 12 : C4 = 7 : D1 = 7 : D2 = 14
404 G5 = AS : B5 = 0.75 * G5 : AS = G5 : B5 = G5 : O1B = O1J = 1 : GOSUB 501
B7 = X(H + 1) * D1
406 BR = G5 - B5 : AN = 1 : BN = 1 : B9 = O1 : FOR S1 = D1 TO D2 STEP 1 : B
= 144 * BR / S1 : FOR A = B3 TO C3 STEP AN
407 FOR B = B4 TO C4 STEP BN : IF A < = B THEN NEXT A
408 IF A > S1 THEN NEXT S1
409 IF A + B > B0 AND B5 = 0 THEN B5 = 0 : GOTO 418
410 B5 = 1 : B5 = 0.1 : IF A = C3 AND B = C4 THEN NEXT S1
411 IF A + B = B0 THEN B5 = 0 : GOTO 418
412 IF A + B < = B0 AND B9 < > 0 THEN 418
413 IF A + B < B0 AND B < C4 THEN NEXT B
414 IF A + B < B0 AND B = C4 THEN NEXT A
415 IF A + B > B0 THEN IF A > = B3 AND B > B4 THEN B4 = B - BN
: BN = BN - 1 / 10 : B4 = B4 + BN : B9 = 1 : GOTO 407
416 B5 = B + B5 : B7 = (B1 * (A + B5)) / 144 : B1 = B5 + B7 : B7 = B7 /
B1 : IF B7 > = 0.15 AND B7 < = 0.275 THEN VES = "RELEVO" : GOTO
189
419 IF B7 < 0.15 THEN NEXT S1

```

```

420 IF BU > 0 THEN B6 = B6 + 1: IF B6 < = 4 THEN BH = BH + 0.5
/ 12: B1 = BH / DT: X1 = SUR (B1 + (1 - B1)): X2 = 1 - 2 * B1: B5 =
(( ATN ( SUR (1 - X2 ^ 2) / X2) - 2 * X2 * X1) / 3.14159) + A2: G
OTO 406
422 BH = HA: B5 = AS: B1 = AS: B1: GOTO 189
424 REM BAJANTES INCLINADAS
430 REM CALCULO DEL ANCHO DEL CORDON Y DEL AREA EN EL FONDO DE
LA BAJANTE
431 CA = 0.1: CE = 1.5 / 12
432 B2 = 1 / NP ^ 2 - (0.916 + 0.0476 * NP): IF ME = "K" AND TS >
= 15 THEN BB = BH - CE: B1 = BB / DT: IF B1 < 1 THEN X1 = SUR (B
1 + (1 - B1)): X2 = 1 - 2 * B1: B5 = (( ATN ( SUR (1 - X2 ^ 2) / X2
) - 2 * X2 * X1) / 3.14159) + A2: GOTO 435
433 IF TS < 15 THEN BB = BH: GOTO 440
435 IF E1 > 5 THEN CE = 1.5 / 12: GOTO 440
436 U1 = DB / BF: IF U1 < 0.60 THEN CE = CE - CA: E1 = E1 + 1: GOF
U 432
438 U2 = DB / BF: IF U2 > 0.85 THEN CE = CE + CA: E1 = E1 + 1: GOF
U 432
440 REM CALCULO DEL CLARO EN LA BAJANTE Y ANCHURA EN EL FONDO
442 I1 = U: FE = HW: CD = HW - 0.5
443 IF CU < = 0 THEN HW = HW + 0.1: GOTO 442
444 WB = 2 * SUR (BB * (DT - BB)): WB = WB + DT * (NP - 1) ^ 0.94
445 REM CRESTA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO
446 HU = 0.093 * (LG / WL) ^ (2 / 3)
448 REM PERDIDAS DE PRESION BAJO LA BAJANTE
450 HU = 0.00042 * (LG / WB / CD) ^ 2: IF HU > 1.5 AND I1 < = 10
THEN I1 = I1 + 1: HW = HW + 0.1: GOTO 442
451 IF I1 > 10 THEN HW = EP
452 REM CALCULO DE LA LONGITUD DEL VERTEDERO PROYECTADO, ANCHUR
A EN LA PARTE SUPERIOR Y LONGITUD TOTAL DEL VERTEDERO PROYECTADO
454 BP = BH + S1 / 12: WB = 2 * SUR (BP * (DT - BP))
455 LD = DT * (NP - 1) ^ 0.946 + WS: BJ = LG / LD:
456 REM AREA DE VALVULAS
458 IF DT < = 3.5 THEN AE = 2.2 * FP * 1.5 / 144
460 AD = B2 * BF: BV = AZ - AD - DS = B2 - AE
462 REM CALCULO DEL FACTOR DE CAPACIDAD NETO
464 CF = VC * SUR (RV / (KL - RV)) / BV
466 REM CALCULO DEL FACTOR DE INUNDACION
468 IF TS < 15 THEN TF = 0.65: GOTO 490
470 IF TS < 18 THEN TF = 0.75: GOTO 490
472 IF TS < 21 THEN TF = 0.84: GOTO 490
474 IF TS < 24 THEN TF = 0.92: GOTO 490
476 IF TS < 27 THEN TF = 1.00: GOTO 490
478 IF IS < 30 AND RV < = 1.5 THEN TF = 1.073: GOTO 490
480 IF IS < 30 AND RV > 1.5 THEN TF = 1.060: GOTO 490
482 IF IS < 36 AND RV < = 1.5 THEN TF = 1.142: GOTO 490
484 IF IS < 36 AND RV > 1.5 THEN TF = 1.120: GOTO 490
486 IF IS > = 36 AND PV < = 1.5 THEN TF = 1.220: GOTO 490
488 IF IS > = 36 AND PV > 1.5 THEN TF = 1.150: GOTO 490
490 FE = 1 / (0.51 * TF * SF) * (CF + (0.001327 * LG / LD))
491 GOTO 193
492 REM NUMERO APROXIMADO DE VALVULAS

```

```

494 IF DT > 20 THEN VF = 15.5: GOTO 498
495 IF M6 = 1 THEN VF = 12: GOTO 498
496 VF = 14
498 NV = INT ((VF * BV) + 0.9): IF DT > 4 THEN NV = INT (NV
+ 0.85 + 0.7)
500 F = 60 * SUR (RV / 0.0735): PE = VC * F: EV = PE / NV
502 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO
504 IF T04 = "K-3" THEN G34
506 IF M2 = 1 THEN G26
508 IF T04 = "A" THEN G3 = 0: GOTO 512
510 G3 = 0.1
512 IF EV < 5 THEN HK = 0.8 - G3: GOTO 546
514 IF EV < 12 THEN HK = 0.85 - G3: GOTO 546
516 IF EV < 15 THEN HK = 0.95 - G3: GOTO 546
518 IF EV < 22.5 THEN HK = 1.05 - G3: GOTO 546
520 IF T04 = "I" AND EV > 22.5 THEN HK = 0.0021 * EV + 1.9367
+ G010 546
522 IF EV < 25 THEN HK = 1.05 - G3: GOTO 546
524 IF EV > 25 THEN HK = 0.0021 * EV + 1.9367: GOTO 546
526 IF EV < 15 THEN HK = 0.585: GOTO 546
528 IF EV < 25 THEN HK = 0.0326 * EV + 1.0663: GOTO 546
530 IF EV < 40 THEN HK = 0.00274 * EV + 1.8362: GOTO 546
532 IF EV > 40 THEN HK = 0.00632 * EV + 2.2384: GOTO 546
534 IF EV < 10.0 THEN HK = 0.80: GOTO 546
536 IF EV < 17.5 THEN HK = 0.0128 * EV + 0.5714: GOTO 546
538 IF EV < 22.5 THEN HK = 0.59: GOTO 546
540 IF EV < 40 THEN HK = 0.2245 * EXP (0.0434 * EV): GOTO 546
542 IF EV > 40 THEN HK = 0.05742 * EV - 1.022
546 HD = HK * 62.4 / PL
548 REM CALCULO DE LA ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO Y D
E LA CAIDA DE PRESION DE PLATO HUMEDO
550 HU = 0.092 * (LS / LD) + (2 / 3): GOTO 201
552 REM CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION TOTAL
554 HK = HD + HL
556 REM CALCULO DE LA ALTURA DE LIQUIDO EN LA BAJANTE
558 HP = 2 * HL + HD + HUIF = HP / (IS + HW): GOTO 281
600 PRINT "SE INICIA ENCADENAMIENTO DEL PROGRAMA DE EJECUCION DE
HOJA DE CALCULO"
602 PRINT CHR* (4): "BLVDCHAIN.A520.D1": CALL 520"PLATOS-CC-2.D
1"
603 END

```

PROGRAMA DE SALIDA DE DATOS

```

0 REM NOMBRE DEL ARCHIVO: PLATOS-1.
ULTIMA REVISION: 1 DE SEPTIEMBRE DE 1988
PROGRAMA PARA EL FORMATO DE LA HOJA DE CALCULO
1 IF ME = 1 THEN ME$ = "P"
2 IF ME = 2 THEN ME$ = "G"
3 IF ME = 3 THEN ME$ = "K"
4 IF TU = 1 THEN TU$ = "V-1": GOTO 10
5 IF TU = 2 THEN TU$ = "V-4": GOTO 10
6 IF TU = 3 THEN TU$ = "A": GOTO 10
7 IF TU = 4 THEN TU$ = "T": GOTO 10
8 IF TU = 5 THEN TU$ = "K-4"
10 GOTO 689
650 REM SUBROUTINA DE ESCRITURA DE LINEAS
652 PRINT TAB( 10)"*": FOR I = 1 TO 61: PRINT LINE$: NEXT I: PRI
NT "*" RETURN
689 REM CONVERSION DE UNIDADES
690 RV = INT (RV * 160.329) / 10000:RL = INT (RL * 160.329) / 10
000:QL = INT (QL * 4.54 + .5) / 10:UV = INT (UV * 4.54 + .5) / 1
0:PR = INT (PR / 14.223 * 10 + .5) / 10:AV = INT (AV * 517 + .5)
/ 10:DT = INT (DT * 304.8):AA = INT (AA * 92.9 + .5) / 100:AO
= INT (AO * 92.9 + .5) / 1000
693 CT = INT (AP * NS * 100 + 0.5) / 100
695 HW = INT (HW * 25.4 + .5):DH = INT (DH * 25.4 + .5):TD = IN
T (TD * 2540 + .5) / 100:HP = INT (HP * 25.4 + .5):HO = INT (HO
* 25.4 + .5):AP = INT (AP * 517 + .5) / 10:U = INT (U * 45.4 +
.5) / 100:TS = INT (TS * 25.4 + .5):FF = INT (FF * 100 + .5) / 10
0:FE = INT (FE * 100 + .5)
700 REM FORMATOS PARA LA SALIDA DE DATOS
701 HOME : VTAB (12): INPUT "DESEA IMPRIMIR LA HOJA DE DATOS(SI/N
O)? " :RE$: IF RE$ = "SI" THEN PRINT : PRINT : INVERSE : PRINT "
+VERIFIQUE QUE LA IMPRESORA ESTE CONECTADA...": NORMAL :
GOTO 705
702 IF RE$ < > "SI" AND RE$ < > "NO" THEN GOTO 701
703 IF RE$ = "N" THEN GOTO 707
705 PRINT : PRINT "TECLEE < CUALQUIER TECLA > PARA INICIA
R": PRINT SPC( 27)"LA IMPRESION": PRINT "
< E > PARA EVITAR
LA": PRINT : PRINT : INPUT "SU RESPUESTA ES: " :RE$: IF RE$ = "E
" THEN PRINT "SE IMPRIME LA HOJA DE DATOS EN PANTALLA": GOTO 707
706 PR# 1
707 HOME :LI$ = "*" :GOSUB 650
708 PRINT TAB( 10)"*": SPC( 13)"MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROYEC
TOS": SPC( 13)"*": PRINT TAB( 10)"*": SPC( 15)"*":
HOJA DE DATOS
DE PROYECTO PARA PLATOS": SPC( 12)"*":
709 PRINT TAB( 10)"* PLANITA: " :PL$: SPC( 1):"PROYECTO: " :PY$: "*"
710 PRINT TAB( 10)"* LOCALIZACION: " :LU$: SPC( 1):"REVISION: " :
SPC( 6)"*": PRINT TAB( 10)"* CLAVE DEL EQUIPO: " :CE$: SPC( 15)"*":
ECHA: " :FE$: "*" : PRINT TAB( 10)"* CLAVE DE LA TORRE: " :CT$: SPC(
30)"*":

```

```

711 PRINT TAB( 10) "SERVICIO: ";ISE; SPC( 1) " ";L1$ = " "; GUSU
B 650
712 PRINT TAB( 10) " "; SPC( 29) "SECCION"; SPC( 26) " "; PRINT TA
B( 10) " NUMERO DE PLATOS DE LA SECCI"; PRINT "ON"; SPC( 13) " "
;INS; TAB( 32) " "
713 PRINT TAB( 10) " PLATO CRITICO DE LA SECCION "; PRINT SPC(
15) " "; SPC( TAB( 32) " "; L1$ = " "; GOSUB 650
715 PRINT TAB( 10) " "; TAB( 24) "CONDICIONES DE OPERACION"; SPC(
24) " "; PRINT TAB( 10) " VAPOR DENSIDAD G/CM3 A P. "; PRINT "
"; SPC( 14) " "; I;V; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " "; SPC( 10) "FLU
JU KG/HR"; SPC( 8) ; PRINT SPC( 15) " "; I;V; TAB( 32) " "
720 PRINT TAB( 10) " LIQUIDO DENSIDAD G/CM3 A P. "; PRINT "P. Y "
; SPC( 12) " "; I;L; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " "; SPC( 12) "FLUJO
KG/HR"; SPC( 6) ; PRINT SPC( 15) " "; I;L; TAB( 32) " "
725 IF ME$ = "P" THEN PRINT TAB( 10) " "; SPC( 12) "TENSION SUPER
FICIAL DINAS/CM"; PRINT SPC( 4) " "; I;S; TAB( 32) " "
727 PRINT TAB( 10) " TEMPERATURA LIQUIDO GDO.C"; PRINT "ENT.
"; SPC( 11) " "; I;L; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " "; SPC( 16) "VAPU
R GDO.CEN"; PRINT "I. "; SPC( 13) " "; I;V; TAB( 32) " "
730 PRINT TAB( 10) " PRESION KG/CM2 MAXI"; SPC( 9) ; PRINT SPC(
15) " "; I;P; TAB( 32) " "; L1$ = " "; GOSUB 650; PRINT TAB( 10) " ";
SPC( 18) "CRITERIOS DE DISENO"; SPC( 24) " "
734 PRINT TAB( 10) " FACTOR DE INUNDACION"; SPC( 10) ; PRINT SPC
( 13) " "; I;F; TAB( 32) " "; IF ME$ = "P" THEN PRINT TAB( 10) " F
ACTOR DE GOTEO"; SPC( 13) ; PRINT SPC( 15) " "; I;F; TAB( 32) " "
735 PRINT TAB( 10) " CAIDA DE PRESION MAXIMA PUR "; PRINT "PLAT
O MMHG"; SPC( 5) " "; I;V; TAB( 32) " "
736 IF ME$ = "P" THEN PT$ = " PEPURADO"
737 IF ME$ = "Q" OR ME$ = "K" THEN PT$ = " VALVULADO"
740 L1$ = " "; GOSUB 650; PRINT TAB( 10) " "; SPC( 16) "CARACTERIST
ICAS DE LOS PLATOS"; SPC( 16) " "; PRINT TAB( 10) " TIPO DE PLATO"
; SPC( 13) ; PRINT SPC( 17) " "; I;P; TAB( 32) " "
745 PRINT TAB( 10) " DIAMETRO MM"; SPC( 16) ; PRINT SPC( 15) "
"; I;D; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " ESPACIAMIENTO ENTRE PLATOS";
; PRINT " MM"; SPC( 13) " "; I;E; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " NU
MERO DE PASOS"; SPC( 15) ; PRINT SPC( 15) " "; I;N; TAB( 32) " "
750 PRINT TAB( 10) " AREA ACTIVA M2"; SPC( 13) ; PRINT SPC( 15
) " "; I;A; TAB( 32) " "; PRINT TAB( 10) " AREA DE BAJANTES M2"; SP
C( 8) ; PRINT SPC( 15) " "; I;A; TAB( 32) " "; IF ME$ = "K" THEN
PRINT TAB( 10) " TIPO DE BAJANTES"; SPC( 27) " "; I
RECTAS"; S
PC( 5) " "; GOTO 752
751 PRINT TAB( 10) " TIPO DE BAJANTES"; SPC( 27) " "; I
INCLINAD
AS "
752 PRINT TAB( 10) " ALTURA DEL VERTEDERO MM"; SPC( 4) ; PRINT
SPC( 15) " "; I;H; TAB( 32) " "
753 IF ME$ = "P" THEN PRINT TAB( 10) " DIAMETRO DEL ORIFICIO M
M"; SPC( 3) ; PRINT SPC( 15) " "; I;D; TAB( 32) " "

```

```

754 IF MES = "G" OR MES = "K" THEN PRINT TAB(10)*" TIPO DE UNI
DADES DE CONTACTO": PRINT TAB(10)*"SPC(15)*": SPC(7): TAB(32)
** PRINT TAB(10)*" NUMERO DE UNIDADES POR PLATO": PRINT SPC
15)*" INVT: TAB(32)*"
755 LIS = "": GOSUB 650: PRINT TAB(10)*": SPC(17)" DATOS HIDRA
ULICOS DEL SISTEMA": SPC(15)*": PRINT TAB(10)*" FACTOR DE ESPU
MA": SPC(12): PRINT SPC(15)*" ": SF: TAB(32)*"
756 PRINT TAB(10)*" % DE INUNDACION A CAPACIDAD ": PRINT "NORM
AL": SPC(9)*" ": FET: TAB(32)*"
760 PRINT TAB(10)*" ALTURA DE LIQUIDO EN LAS BAJ": PRINT "ANTE
S MM": SPC(6)*" ": HPI: TAB(32)*": PRINT TAB(10)*" ALTURA DEL
LIQUIDO SOBRE EL ": PRINT "VERTEDERO MM": " ": HNO: TAB(32)*"
762 PRINT TAB(10)*" CAIDA DE PRESION POR PLATO MMHG": SPC(11)
* " ": TAB: TAB(32)*": PRINT TAB(10)*" CAIDA DE PRESION POR SECCI
ON MMHG": SPC(9)*" ": IOT: TAB(32)*": PRINT TAB(10)*" ": CARGA
DEL LIQUIDO SOBRE EL PLATO KG": SPC(7)*" ": IOL: TAB(32)*"
770 LIS = "": GOSUB 650: PRINT TAB(10)*": SPC(26)" METALURGIA"
: SPC(25)*": PRINT TAB(10)*" PLATO": SPC(38)*" IMP": "
775 IF MES = " " THEN PRINT TAB(10)*" BAJANTE": SPC(36)*
" IMP": " PRINT TAB(10)*" UNIDADES DE CONTACTO": SPC(37) PRINT
: SPC(15)*" IMPV": " ": GOTO 780
776 PRINT TAB(10)*" BAJANTE": SPC(36)*" IMP": "
780 LIS = "": GOSUB 650
790 PRN 0
795 PRINT : INPUT " *** DESEA OTRA IMPRESION SI/NO ***": RES
IF RES = "SI" THEN 700
796 IF RES = "NO" THEN 800
797 GOTO 795
800 PRN 0: PRINT : PRINT "SE TERMINA LA IMPRESION NORMAL DE LA HO
JA DE DATOS": HOME : VIAN 1: PRINT "FIN DEL PROGRAMA PLATOS": F
OR I = 1 TO 2000: NEXT I: HOME : END

```