

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

Facultad de Quimica

## ORIENTACION Y LOCALIZACION DE ACCESORIOS PARA UNA TORRE DE PLATOS

442

T E S I S  
Que para obtener el título de:  
INGENIERO QUIMICO  
p r e s e n t a:  
RODOLFO TORRES BARRERA

México, D.F.

1976



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

CLAS Tesis  
ABR 1976  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC \_\_\_\_\_  
S \_\_\_\_\_

~~6~~ 416



QUIMICA

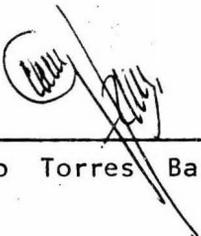
Jurado:

Presidente	Ing. Quím. Adalberto Tirado Arroyave.
Vocal:	Ing. Quím. Ernesto Ríos Montero.
Secretario:	Ing. Quím. Carlos Doormann Montero.
1er. Suplente	Ing. Quím. José F. Guerra Recasens.
2do. Suplente	Ing. Quím. Cutberto Ramírez Castillo.

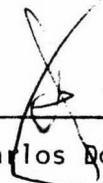
Sitio donde se desarrolló el tema:

Facultad de Química U. N. A. M.  
Instituto Mexicano del Petróleo.

Nombre completo y firma del sustentante:

  
\_\_\_\_\_  
Rodolfo Torres Barrera.

Nombre completo y firma del asesor del tema:

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Quím. Carlos Doormann Montero.

A la Facultad de Química,  
mi Escuela,  
y a todos mis Maestros.

Al Ing. Quím. Carlos Doormann  
Montero por su ayuda durante  
mi carrera y constante ejemplo  
de profesionalismo.

A mis Padres:

Pablo Torres López y  
Carmen Barrera de Torres,  
a quienes debo el más -  
grandioso tesoro: la--  
vida.

A mis hermanos:

Marco Antonio,  
Esmeralda,  
Pablo,  
David,  
Ricardo,  
Ma. del Carmen y  
Rosa María,  
con cariño.

A Licy,

por nuestro Amor

Quiero expresar mi agradecimiento, en forma especial, al Ing. Jorge Rafael Grijalva Daza, Jefe del Departamento de Recipientes del Instituto Mexicano del Petróleo, por su valiosa cooperación en la realización del presente trabajo.

I N D I C E

I N T R O D U C C I O N . . . . .	1
C A P I T U L O I	
ORIENTACION DE PLATOS. . . . .	2
C A P I T U L O II	
DISEÑO DE TUBERIA INTERNA . . . . .	7
C A P I T U L O III	
LOCALIZACION DE BOQUILLAS. . . . .	15
C A P I T U L O IV	
PLATAFORMAS Y ESCALERAS . . . . .	41
C A P I T U L O V	
LOCALIZACION Y SELECCION DE PESCANES. . . . .	48
C A P I T U L O VI	
GRAPAS PARA AISLAMIENTO . . . . .	57
APENDICE DE FIGURAS . . . . .	63
APENDICE DE TABLAS . . . . .	116
B I B L I O G R A F I A . . . . .	127

## I N T R O D U C C I O N

---

Aun cuando una torre de platos haya sido propiamente calculada con relación al proceso a efectuar, ésta pudiera no funcionar de acuerdo al cálculo, a menos que ciertos criterios sean observados en el diseño.

De todo Ingeniero Químico es conocido que las variables de un proceso tienen una gran importancia en la literatura respectiva, pudiendo resolverlas por medio de ecuaciones y nomogramas, pero, algunas limitaciones físicas son raramente escritas y generalmente éstas sólo pueden aprenderse por experiencia.

El objetivo del presente trabajo es establecer, de modo general, los pasos a seguir en la localización de los diferentes accesorios asociados a una torre de platos.

En particular, el diseño práctico de una torre de destilación debe permitir un buen funcionamiento de acuerdo al proceso calculado y un libre acceso para inspección y mantenimiento.

C A P I T U L O I

ORIENTACION DE PLATOS.

### Orientación de Platos

---

La orientación de platos dependerá del tipo de platos seleccionados y de su funcionamiento adecuado, haciéndose, - para una torre de destilación, después de haber calculado la elevación de cada plato, el número de platos, el ó de los - platos de alimentación, las recirculaciones y el equipo de proceso que estará unido a la torre.

La orientación de cada uno de los platos se hará de - acuerdo a la orientación que se le dé a uno, que puede ser - el superior, alguno de alimentación ó el inferior, y al cual se llamará plato guía, siendo este seleccionado por la impor- tancia del proceso y por la situación en el terreno del equi- po complementario.

Por lo general, para la selección del plato guía, se escoge el plato al cual debe llegar una tubería de alimenta- ción, que se une a la torre por medio de una boquilla a la que se denominará principal y que se orienta hacia el equipo del que proviene la tubería, tratando de minimizar su longi- tud, por lo que se debe instalar en la forma más directa po- sible a lo largo de la torre, debiendo además cumplir con los

requerimientos físicos del proceso, es decir, respetar las - llamadas curvas de expansión si son necesarias, evitando con esto instalar más tubería externa de la requerida.

En una vista aérea del equipo, si la línea Norte-Sur se toma como punto de partida para la orientación angular en los cuatro cuadrantes, se puede especificar la orientación de la boquilla principal (Fig. 1), orientando el plato guía de tal forma que la tubería de alimentación haga desembocar el fluido en el punto adecuado para el buen funcionamiento del proceso.

Se tiene así que para plato con flujo cruzado, la boquilla de alimentación debe estar en forma perpendicular al vertedero del plato, con una orientación de  $\alpha$  grados (Fig.2).

Para el plato guía de flujo doble ó de más pasos, la boquilla principal debe estar paralela a los vertederos, con orientación  $\vartheta$  grados (Fig. 3).

Con la orientación del plato guía se procede a orientar a los demás, dependiendo ésto del tipo de platos seleccionados previamente, debiéndose cumplir en todos la condición de que el fluido recorra las áreas de contacto calculadas en los platos.

La orientación en la torre de platos con flujo cruzado (Fig. 4), ó de doble ó de más pasos (Fig. 5), se debe hacer de modo que los vertederos de cada plato **queden** orientados en forma paralela a los vertederos del plato de alimentación, en éste caso, ó a los del plato que sirvió de guía.

La orientación de las bajantes del plato del fondo - deberá hacerse de modo que los vapores del rehervidor no - choquen directamente en un punto del plato de sello, ocasionando una mala distribución del vapor (Fig. 6). Esto no es un **factor** importante para que el primer plato a orientar sea - el del fondo, por lo que cuando los vapores del rehervidor se encuentran chocando sobre un punto del plato de sello, se - puede extender el orificio del rehervidor dentro del recipiente adicionando una "T", para que el flujo de vapores se distribuya en forma paralela al plato de sello (Fig. 7), evitando así la concentración de masa de vapor sobre un sólo punto.

Otra solución es extender el plato de sello en el recipiente (Fig. 8), cambiando con esto la posición de la caída del líquido, además de desviar y de evitar la concentración de vapor en un punto.

Algunas veces, a las bajantes de los platos se les dá una cierta inclinación, para evitar la caída brusca del fluido con los efectos consecuentes de turbulencia y, principalmente para que el fluido sea llevado a la tina del plato inferior, pudiéndose esparcir posteriormente en el área calculada.

Generalmente se ponen mamparas de choque en las bajantes centrales (Fig. 9), para evitar demasiada turbulencia en la caída del líquido.

Con el objeto de un fácil acceso para trabajadores, - así como para inspectores por el interior de la torre, los platos deben tener una sección removible que sea fácil de - abrir por arriba y por abajo, siendo ésta, por lo general, en forma rectangular con un ancho mínimo de 457.2 mm (18 pulg.).

En los platos de múltiples pasos (Fig. 10), se requiere más de una sección removible para cada plato, debido a - que las bajantes impiden el libre acceso a lo largo de los - platos.

C A P I T U L O II

DISEÑO DE TUBERIA INTERNA

## Diseño de Tubería Interna

---

El arreglo de tubería interna para una torre de platos, dependerá de la orientación que se haya dado al equipo, así como de otros factores establecidos para el proceso, tales como:

- a) irrigación de las áreas de contacto calculadas en los platos.
- b) unión interna de platos por medio de tubería.
- c) conducción al interior y exterior de los fluidos - involucrados.
- d) toma de muestras.

El diseño se basa en el cálculo de las condiciones - fisicoquímicas del proceso, siendo éstas:

- 1.- el diámetro
- 2.- el espesor
- 3.- la presión
- 4.- los accesorios asociados a ella y,
- 5.- la composición química de la substancia manejada.

1.- El diámetro es función del gasto volumétrico y de la velocidad del fluido, pudiéndose calcular mediante la

siguiente ecuación:

$$D_i = 1128.38 (Q/v)^{1/2}$$

donde:

" $D_i$ " es el diámetro de la tubería en mm.

" $Q$ " es el gasto volumétrico en  $m^3/\text{seg.}$

" $v$ " es la velocidad del fluido en  $m/\text{seg.}$

Los valores de las velocidades recomendadas, reportados en la literatura, fluctúan entre 914.4 mm (36 pulg.) y 1828.8 mm (72 pulg.) por segundo.

2.- El espesor de la tubería está en función del esfuerzo del material seleccionado para su construcción y del ataque corrosivo que pudieran causar los fluidos involucrados.

Por lo general, durante el proceso las presiones externa e interna que afectan a la tubería se contrarrestan, de modo que, en el caso de no existir corrosión, el mínimo espesor de tubería disponible en el mercado, será el satisfactorio.

3.- La presión interna en cualquier punto de la tubería, durante el proceso, debe ser ligeramente mayor que la presión más alta en la torre, obteniendo una mejor distribución del fluido en la tubería.

4.- Los accesorios asociados a la tubería son seleccionados de acuerdo al control mecánico que se requiera en el fluido; estos accesorios pueden ser: válvulas, reducciones, tes, codos, etc..

5.- Los fluidos involucrados en el proceso influyen en la selección del material que los va a contener.

Para una mejor distribución del fluido en áreas específicas, puede necesitarse que la tubería principal sea dividida en ramales, cuya suma de secciones transversales debe ser igual a la sección transversal de dicha tubería, conservando de esta manera la misma velocidad en tubería y ramales (Fig. 11).

Area transversal de tubería =  $\sum$  Areas transversales de ramales.

La distribución del fluido de la tubería al plato - puede ser más efectiva mediante orificios, ya sea en la tubería principal ó en los ramales (cuando se haga uso de éstos), los cuales para mayor efectividad deben tener un área de orificios mínima de dos veces la sección transversal de la tubería principal.

$$2(A) = n (a)$$

donde:

"A" es el área de la sección transversal de la tubería principal en  $\text{mm}^2$ .

"n" es el número de orificios, ya sea en la tubería principal ó en ramales (si existen).

"a" es el área de cada orificio en  $\text{mm}^2$ .

A partir de esta expresión, se puede calcular el diámetro de orificio ó el número de orificios por medio de la siguiente ecuación.

$$D_{\text{or}} = 1.596 (A/n)^{1/2}$$

ó

$$n = 2.546 (A)/(D_{\text{or}}^2)$$

donde:

"D<sub>or</sub>" es el diámetro de orificio en mm.

Con el objeto de una mayor efectividad en el proceso, se debe diseñar la tubería interna, de modo de evitar posibles obstrucciones en las bajantes y los elementos burbujeadores de los platos; dándose, además, arreglos adecuados para el manejo de la tubería, ya sea durante la instalación ó posteriormente para mantenimiento, siendo fácilmente removible -

dentro y fuera de la torre a través de las entradas de hombre sin afectar otros accesorios.

El diseño de tubería interna más sencillo es el que se realiza para la tubería de alimentación de un fluido al plato guía, el cual está orientado con respecto a la boquilla principal.

Un diseño más complicado sería el de tubería de distribución de fluido hacia otros platos, debiéndose hacer un ajuste para que la localización de las boquillas en la torre sea la correcta y así proporcionarle funcionalidad al arreglo interno del proceso. Para platos con flujo cruzado, las boquillas son provistas con tubería interna que deposita el fluido en la tina del plato, siendo el arreglo físico más sencillo y económico el que utiliza menor tramo de tubería (Fig. 12).

Sin embargo, si la orientación del plato con flujo cruzado ha sido fijada dentro de límites definidos por otros factores tales como la orientación externa del equipo del que proviene el fluido, la localización de la boquilla puede estar en una posición inadecuada para el arreglo más simple de la tubería, debiéndose usar tramos de tubería más grandes

y a lo largo del plato (Fig. 13); en este caso se debe considerar que el cuerpo de la tubería interna cubre una parte de los elementos burbujeadores del plato.

Para platos con flujo doble teniendo los vertederos perpendiculares a la orientación de la boquilla, la distribución se hace con tubería interna a lo largo de la tina del plato, para mejor distribución del fluido (Fig. 14).

Cuando la boquilla deba quedar con orientación no-paralela a los vertederos del plato, el rango de orientación se puede ampliar colocando un ramal en el centro del tubo - distribuidor hacia la boquilla de la torre (Fig. 15).

Para platos con flujo de más pasos, el arreglo es más complejo y se restringe con la orientación de la boquilla en la envolvente de la torre. Para este tipo de platos, el diseño de tubería interna más sencillo es el que corresponda al plato guía, cuyos vertederos tienen la misma orientación que la boquilla de distribución.

Este diseño tiene dos posibilidades:

- a) tubería centrada en "H" (Fig. 16a)
- b) tubería centrada en "U" (Fig. 16b)

Para los demás platos en la torre, la tubería centrada en "H" tiene la posibilidad de hacerse más flexible con res-

pecto a la orientación de la boquilla en la envolvente, con un cierto rango de orientación (Fig. 17).

Un arreglo semejante al de tubería centrada en "H", pero con una cierta elevación (Fig. 18), dá una libertad completa para la orientación de la boquilla en la envolvente; esta alternativa es posible solamente donde se permite un espacio entre platos con dimensión mayor que "L".

La salida de vapores se hace generalmente por medio de una boquilla en lo alto de la torre (Fig. 19a).

Existe una alternativa en la que, la boquilla de salida de vapores se localiza en el cuerpo de la torre, pudiéndose hacer un arreglo de tubería interna para llevar los vapores al punto requerido en la envolvente (Fig. 19b),

Si se presenta el caso en el que el líquido del proceso deba pasar de un plato con flujo cruzado a un plato inmediato inferior con flujo doble ó de más pasos, se debe hacer un arreglo, empleando tubería interna para conducir el fluido a la tina del plato inferior (Fig. 20).

C A P I T U L O   I I I

LOCALIZACION DE BOQUILLAS

## Localización de Boquillas

---

La localización de platos, tubería interna ó tubería externa en la torre, generalmente establece, dentro de límites físicos estrictos la localización de boquillas.

En una torre de destilación, las boquillas intervienen en: el funcionamiento del proceso, obtención de propiedades físicas a condiciones de operación durante el proceso, toma de muestras e inspección y mantenimiento; clasificándose de acuerdo a lo anterior en:

- A.- Boquillas para conducción de fluidos.
- B.- Boquillas para medición y seguridad y,
- C.- Boquillas para inspección.

A.- Boquillas para conducción de fluidos.

Estas boquillas están relacionadas directamente con el proceso y se utilizan para alimentación de fluidos, recirculaciones y obtención de productos; la localización de estas boquillas dependerá de la localización de tubería externa y del equipo de proceso del que provienen los fluidos hacia la torre, por lo que el arreglo externo de las tuberías es el factor predominante en la localización de estas boquillas.

## B.- Boquillas para medición y seguridad.

Las boquillas para mediciones se pueden subdividir según el uso específico que se les dé, en:

- 1B). boquillas para medir presiones
- 2B). boquillas para medir niveles
- 3B). boquillas para seguridad
- 4B). boquillas para medir temperaturas.

### 1B). Determinación de presiones.

Se realizan por medio de manómetros, localizados en los puntos que requieren indicación de presión.

### 2B). Determinación de niveles

Su función es la observación en un punto específico de la torre.

### 3B). Seguridad.

Estas boquillas se usan para dar seguridad al equipo durante el funcionamiento del proceso y se clasifican en boquillas de venteo, igualación de condiciones de proceso y boquillas para colocación de válvulas de seguridad.

### 4B). Determinación de temperatura.

El instrumento más común para la determinación de la temperatura es el termopozo, el cual debe ser instalado entre los elementos burbujeadores y lo más cerca posible al -

plato (Fig. 21); las longitudes estándar "i" de inmersión son de 304.8 mm (12 pulg.), 457.2 mm (18 pulg.) y 609.6 mm (24 pulg.).

El arreglo de los elementos burbujeantes en el plato determina la orientación del termopozo y la forma en que la boquilla estará montada en la torre.

Las boquillas para la determinación de temperatura pueden ser encontradas con orientación excéntrica respecto a la orientación radial efectuada en el plato; esta orientación siempre es paralela a alguna orientación radial en la torre, separándola una distancia "c" hasta la línea de centros de la boquilla (Fig. 22a), de modo que cuando  $c=0$ , la orientación de la boquilla con respecto a la torre es completamente radial, y cuando "c" se aproxima al valor del radio dentro de los límites físicos fijados por el diámetro de la boquilla, se dice, que la boquilla tiene orientación tangencial (Fig. 22b), siendo esta última orientación utilizada para la medición de temperatura en las tinas de los platos.

La dimensión "L" (Fig. 23), que va desde la línea de orientación radial en la torre que es perpendicular a la línea de centros de la boquilla, hasta la cara externa de la

boquilla bridada , debe permitir una distancia "s" de separación entre la brida y la envolvente de la torre, para la colocación de aislante en el exterior de la torre y pernos necesarios en la unión de bridas.

La dimensión "L" puede ser encontrada gráficamente - cuando se fijan las dimensiones "s" y "c", dibujando a escala la torre y midiendo sobre ella "L".

Para cualquier boquilla bridada, la dimensión "L" - puede ser determinada usando las Figuras 23 y 24.

Los datos requeridos para esta solución gráfica son: "p", "n" ó "c" y "s", que se muestran en la Figura 23.

La solución gráfica a la distancia "L" se efectúa con la gráfica mostrada en la Figura 24; se inicia entrando con el diámetro de la torre, luego se debe seguir la curva hasta encontrar el punto donde se cruza la línea horizontal correspondiente a la dimensión  $n+p$ , (u); a partir del punto de cruce, en sentido horizontal y hacia la derecha, se debe recorrer la distancia "s" y descender verticalmente hasta la parte baja de la gráfica, obteniéndose así la dimensión "L".

## Ejemplo 3.1.-

Calcular la dimensión "L" para una boquilla de 203.2 mm (8 pulg.) de diámetro nominal y cuya brida debe ser seleccionada bajo especificación de material ASTM A-181-Grado I, para una presión máxima de  $21.1 \text{ Kg/cm}^2$  ( $300 \text{ lb/pulg}^2$ ). La línea de centros de esta boquilla se localiza a 304.8 mm (12 pulg.) de la línea paralela de tangencia en una torre cuyo diámetro es de 1524 mm (60 pulg.); se puede considerar la dimensión "s" como 279.4 mm (11 pulg.).

## Solución:

## Datos directos:

Diámetro de la torre "D"	1524 mm (60 pulg.)
Diámetro nominal de boquilla	203.2 mm (8 pulg.)
Especificación de material de brida	ASTM A181-Grado I
Presión máxima	$21.1 \text{ Kg/cm}^2$ ( $300 \text{ lb/pulg}^2$ )
n:	304.8 mm (12 pulg.)
s:	279.4 mm (11 pulg.)

## Datos Indirectos:

En la tabla B, para brida ASTM-A181-Grado I,  $21.1 \text{ Kg/cm}^2$  y diámetro nominal de boquilla:

$$p: \quad 330.2 \text{ mm}/2 = 165.1 \text{ mm (6.5 pulg.)}$$

$$u = n + p: \quad 304.8 \text{ mm} + 165.1 \text{ mm} = 469.9 \text{ mm (18.5 pulg.)}$$

Planteamiento:

Con  $D = 1524 \text{ mm (60 pulg.)}$ , en la Figura 24 se sigue la curva hasta encontrar el punto en el cruce con  $u = 469.9 \text{ mm (18.5 pulg.)}$ , se mueve, entonces horizontalmente hacia la derecha, la distancia  $s = 279.4 \text{ mm (11 pulg.)}$  bajando verticalmente para encontrar el valor de  $L = 990.6 \text{ mm (39 pulg.)}$ .

La Figura 25 muestra la solución gráfica particular a este ejemplo.

Cuando se tienen boquillas bridadas con orientación radial, éstas deben permitir un espacio libre entre la envolvente de la torre y la brida, para facilitar la colocación de aislante en el exterior de la torre y pernos necesarios en la brida.

La literatura respectiva (API estándar 12 C) sugiere una distancia mínima "R" (Fig. 26) entre la envolvente de la torre y la brida, para boquillas con orientación radial. - - Estos valores se muestran en la tabla F, de acuerdo al diámetro de boquilla considerado.

### C.- Boquillas para inspección

Las boquillas para inspección pueden subdividirse, - según el uso específico que se les dé en:

- 1C). Registros de mano y,
- 2C). Entradas de hombre.

1C).- Estas boquillas se utilizan para inspeccionar - y dar servicio a los instrumentos colocados en el interior - de la torre, por lo que se deben localizar en los puntos ó sitios requeridos para el control interno del proceso.

2C).- El acceso a los platos en el interior de la - torre es indispensable, ya sea para la inspección y/o mante- nimiento del equipo; este acceso se efectúa mediante las bo- quillas que comúnmente son especificadas como entradas de hombre (Fig. 27), y que generalmente se colocan donde exis- ten arreglos internos de tubería sobre algún plato para sus revisiones periódicas, lo cual fija la elevación necesaria - para esa boquilla.

Ordinariamente, estas boquillas son restringidas a estar a distancias máximas de ocho platos, para fácil acceso a cualquier plato intermedio.

Las boquillas para entradas de hombre tienen diámetros que varían entre 457.2 mm (18 pulg.) a 508 mm (20 pulg.), necesitándose para ello un espaciado mínimo de 609.6 mm - - (24 pulg.) entre platos.

Básicamente, el tipo de platos fija la orientación de la boquilla para entrada de hombre en los segmentos apropiados para evitar los problemas físicos que representan las - tinas y los vertederos, al provocar un difícil acceso por el interior de la torre; la orientación, en estos puntos, sólo se hace cuando es requerido por el proceso.

El rango más amplio para la orientación de estas boquillas se encuentra en los platos con flujo cruzado ó de - un solo paso, y está delimitado por las dos secciones que - forman la tina y el vertedero, ofreciendo ángulos libres de orientación en los segmentos b<sup>o</sup> (Fig. 28).

La situación es diferente para platos con flujo doble ó de más pasos. En estos casos, el rango de orientación de estas boquillas se limita a ángulos libres de orientación - delimitados por los segmentos c<sup>o</sup> (Fig. 29).

Con un arreglo interno de la torre a escala, se puede dar solución a la orientación de cualquiera boquilla en - algún plato específico; para ello se requiere que sobre un -

arreglo a escala (Fig. 30), se usen una ó varias hojas de papel transparente y se trazan en ellas manualmente, las líneas a escala que forman el plato mencionado, pudiendo hacer el arreglo de orientación para la boquilla considerada.

Con ayuda de esta esquematización, se logran orientaciones radiales bastante precisas.

#### Espaciado Longitudinal Mínimo entre Boquillas

---

El espaciado longitudinal mínimo entre boquillas es la distancia que se permite entre boquillas bridadas con la misma orientación para poderlas manejar libremente, ya sea por concepto de bridas, ó de refuerzos en la envolvente de la torre.

Se recomienda, para todas las boquillas, que lleven placas de refuerzo en la envolvente de la torre, para prevenir sobre-esfuerzos locales a lo largo del orificio hecho en la envolvente para la colocación de la boquilla; generalmente, este refuerzo es circular con un diámetro mínimo de dos veces el diámetro de la boquilla considerada.

El espaciado longitudinal mínimo se medirá entre líneas de centros de las boquillas, y va a ser función de:

- a) tamaño de bridas
- b) tamaño de refuerzos

a).- Tamaño de bridas.

Si se analizan boquillas sin refuerzo en la envolvente, la distancia mínima que debe haber entre bridas es de 25.4 mm (1 pulg.), por lo que el espaciado mínimo entre líneas de centros será igual a la suma de radios externos de las bridas más 25.4 mm (1 pulg.)

Obtención de datos y tabulación para el  
espaciado longitudinal mínimo entre bridas (ELMB)

---

El ELMB puede ser calculado con la ayuda de la tabla B para bridas, cuya presión máxima de trabajo es de 21.1 -  $\text{Kg/cm}^2$  (300 lb/pulg<sup>2</sup>); de esta tabla se obtiene el diámetro externo "DEB" para cada una de las bridas en consideración - de donde la suma de los radios externos de estas bridas más 25.4 mm (1 pulg.) será el espaciado longitudinal mínimo entre bridas.

## Ejemplo 3.2.-

Encontrar el espaciado longitudinal mínimo entre boquillas de 76.2 mm (3 pulg.) y 203.2 mm (8 pulg.) de diámetro con bridas para presión de trabajo máxima de 21.1 Kg/cm<sup>2</sup> (300 lb/pulg<sup>2</sup>).

Solución:

De la tabla B se obtiene el "DEB" para cada diámetro de boquilla "D<sub>b</sub>"

Para D<sub>b</sub> = 76.2 mm (3 pulg.):

$$\text{DEB} = 209.55 \text{ mm (8 1/4 pulg.)}$$

Para D<sub>b</sub> = 203.2 mm (8 pulg.):

$$\text{DEB} = 381 \text{ mm (15 pulg.)}$$

Así:

$$\begin{aligned} \text{ELMB} &= \frac{209.55}{2} \text{ mm} + \frac{381}{2} \text{ mm} + 25.4 \text{ mm} \\ &= 320.675 \text{ mm (12 5/8 pulg.)} \end{aligned}$$

Por medio de este procedimiento, se pueden obtener valores para diferentes combinaciones de boquillas y presiones de trabajo.

La tabla G es el resultado de la tabulación de diferentes diámetros de boquillas, para presión máxima de trabajo de 21.1 Kg/cm<sup>2</sup> (300 lb/pulg<sup>2</sup>); siguiendo la secuencia explicada

en el ejemplo 3.2, se pueden hacer tablas semejantes para -  
otras presiones máximas de trabajo.

b).- Tamaño de refuerzos.

La distancia mínima que debe existir entre refuerzos de boquillas en la envolvente de la torre es de 25.4 mm (1 pulg.), para permitir la colocación de la placa en la envolvente con - los anchos de soldadura adecuados, de otro modo se debe colocar una placa de refuerzos común a ambas boquillas.

Si se tienen boquillas con refuerzo individual en la envolvente de la torre, el espaciado mínimo entre líneas de centros de las boquillas será igual a la suma de los radios externos de refuerzos más 25.4 mm (1 pulg.).

Obtención de datos y tabulación para el  
espaciado longitudinal mínimo entre refuerzos (ELMR)

---

El ELMR se puede obtener con la ayuda de la tabla F - para cualquier presión de trabajo.

La Figura 26 muestra las dimensiones generales del refuerzo, las que pueden ser obtenidas de la tabla F para los - diámetros de boquillas consideradas; la suma de los radios externos de refuerzos más 25.4 mm (1 pulg.) será el ELMR.

## Ejemplo 3.3.-

Encontrar el ELMR de las boquillas consideradas en el ejemplo 3.2.

Solución:

De la tabla F se obtiene el diámetro de refuerzo " $D_R$ " recomendado para los diámetros " $D_b$ " de las boquillas antes mencionadas.

Para  $D_b = 76.2$  mm (3 pulg.) :

$$D_R = 152.4 \text{ mm (6 pulg.)}$$

Para  $D_b = 203.2$  mm (8 pulg.):

$$D_R = 406.4 \text{ mm (16 pulg.)}$$

Así

$$\begin{aligned} \text{ELMR} &= \frac{152.4}{2} \text{ mm} + \frac{406.4}{2} \text{ mm} + 25.4 \text{ mm} \\ &= 304.8 \text{ mm (12 pulg.)} \end{aligned}$$

De este modo se pueden obtener valores para diferentes combinaciones de boquillas.

La tabla H es el resultado de la tabulación de diferentes diámetros de boquillas con refuerzos individuales en la envolvente de la torre.

Para obtener el espaciado mínimo entre boquillas, cuando éstas tienen refuerzo individual en la envolvente, se ten-

drán que efectuar las lecturas del ELMB y del ELMR en las -  
tablas G y H respectivamente, de donde el mayor valor debe -  
ser usado.

Cuando en el espaciado mínimo obtenido de tabla, los  
refuerzos predominan en la selección del espaciado a consider  
rar, y se requiere, por el proceso mismo, un espaciado menor  
que el mínimo obtenido, la solución es colocar una placa de  
refuerzo común en la envolvente, para las dos boquillas, re-  
duciendo el espaciado longitudinal a un mínimo absoluto sin  
llegar a juntar las bridas.

#### Espaciado Angular Mínimo entre Boquillas

---

El espaciado angular es aquel que debe existir entre  
boquillas con la misma elevación en la torre. Se pueden pre  
sentar dificultades en el espaciado, tales como en el caso  
de boquillas de gran diámetro para una misma elevación ó en  
el caso de torres de diámetro pequeño; estas dificultades -  
son debidas a los límites de orientación angular que se pre-  
sentan en ellas; puesto que el espacio en cada caso es un  
factor muy importante, se debe conservar un espaciado mínimo  
práctico entre boquillas.

El espaciado angular mínimo se mide a partir de las líneas de centros de dos boquillas a la misma elevación en la envolvente de la torre; este espaciado se establece considerando los siguientes factores:

Factor "a": Un claro mínimo práctico entre bridas

Factor "b": Un claro mínimo práctico entre placas de refuerzo.

Factor "c": Un claro mínimo práctico entre boquillas.

La distancia lineal para el Factor "a" entre boquillas bridadas con orientación radial, se mide con referencia a la cuerda de un círculo cuyo radio es igual a la suma del radio externo de la torre más la distancia "R" (Fig. 26) que es obtenida de la tabla F; el claro mínimo para cada brida será de 12.7 mm (1/2 pulg.), que sumado al radio externo de la brida dá la distancia lineal mínima para cada brida en la cuerda del círculo mencionado; a esta distancia se designará como " $X_{\text{brida}}$ " (Fig. 31) y puede ser aplicada en bridas que soporten cualquier presión de trabajo.

La distancia lineal para los Factores "b" y "c" entre boquillas con orientación radial, se mide con referencia a la cuerda de un círculo cuyo radio es el radio interno de la torre.

En el Factor "b" se considera una distancia lineal - mínima " $X_{\text{refuerzo}}$ " (Fig. 32) que es igual a la proyección plana del radio " $r_B$ " de un círculo cuya cuerda pasa en los - extremos del refuerzo, a la elevación considerada, más 25.4 mm (1 pulg.) de claro para cada refuerzo; la proyección plana " $r_B$ " puede ser considerada como la mitad de la dimensión - " $D_R$ " de la tabla F.

En el Factor "c", se considera una distancia lineal - mínima " $X_{\text{boquilla}}$ " (Fig. 33) igual al radio del orificio de la boquilla en la envolvente de la torre, más un claro de dos veces el espesor de la envolvente de la torre, para cada boquilla, sobre la cuerda del círculo considerado.

Si se consideran boquillas bridadas para presión de  $21.1 \text{ Kg/cm}^2$  ( $300 \text{ lb/pulg.}^2$ ) con refuerzo en la envolvente, la distancia lineal mínima " $X_{\text{refuerzo}}$ " excede la distancia - lineal mínima " $X_{\text{brida}}$ " para todas las boquillas mayores de 101.6 mm (4 pulg.).

Sin embargo, no se puede suponer y generalizar que - para todas las boquillas de 101.6 mm (4 pulg.) ó menores, - la distancia lineal mínima " $X_{\text{brida}}$ " sea mayor que la distancia lineal mínima " $X_{\text{refuerzo}}$ ", ni tampoco, que para todas -

las boquillas mayores de 101.6 mm (4 pulg.) el refuerzo predominará, ya que, por ejemplo, en una torre de diámetro pequeño, la distancia lineal mínima " $X_{\text{boquilla}}$ " puede anular - ambas consideraciones.

En la Figura 33, el ángulo " $\phi_{\text{boquilla}}$ " es menor que el ángulo " $\phi_{\text{brida}}$ " de la Figura 31 y el ángulo " $\phi_{\text{refuerzo}}$ " de la Figura 32.

Lo anterior, no se llega a cumplir en torres de diámetros pequeños, debido a la forma convergente de la boquilla, por lo que los requerimientos de refuerzo (Factor "b") pueden predominar, aún cuando el diámetro " $D_R$ " (tabla F) del refuerzo sea menor que el diámetro externo de la brida - - (Fig. 34).

Cuando el espaciado angular entre boquillas deba ser el mínimo absoluto, se suele usar un refuerzo común en la - envolvente para las boquillas involucradas, eliminando de - este modo la consideración del Factor "b".

De la combinación de los Factores "a", "b" y "c", se pueden obtener como resultado dos casos:

Caso I.- Condiciones mínimas normales.

Caso II.- Condiciones mínimas absolutas.

El Caso I se aplica a boquillas con placas de refuerzo individual en la envolvente de la torre.

El Caso II se aplica a boquillas con placa de refuerzo común en la envolvente de la torre.

Del análisis de los factores involucrados en cada caso, se deduce que solamente dos de los factores, de los tres mencionados, deben ser usados para cada caso en particular.

Así se tiene, que para el Caso I, se deben considerar los Factores "a" y "b", y, para el Caso II, los Factores "a" y "c".

Las distancias lineales " $X_{\text{brida}}$ " y " $X_{\text{refuerzo}}$ " se muestran en la tabla I, así como las dimensiones parciales requeridas para la distancia lineal " $X_{\text{boquilla}}$ ", puesto que solamente puede ser determinada cuando el espesor de la envolvente de la torre sea conocido, para lo que, sí:

"t" es el espesor de la envolvente de la torre, en

mm y,

" $D_C$ " es el diámetro externo de la boquilla en mm,

entonces la distancia lineal " $X_{\text{boquilla}}$ " puede ser calculada de la siguiente forma:

$$X_{\text{boquilla}} = \frac{D_C}{2} + 2(t)$$

La tabla I posee valores para  $D_c/2$ , a los que se debe adicionar dos veces el espesor de la envolvente de la torre. Estos valores suponen boquillas fabricadas con tubo y bridas; si se requieren boquillas maquinadas de fábrica, la dimensión  $D_c/2$  puede ser obtenida de los catálogos del fabricante en cuestión.

Los ángulos  $\phi_i$  en las Figuras 31, 32 y 33 son los claros angulares para el Factor particular ilustrado; cada ángulo variará directamente con la dimensión lineal " $X_i$ " - requerida para la boquilla en consideración y será:

$$\phi_i = \text{sen}^{-1} \frac{X_i}{Y_i}$$

donde:

$Y_i$  es el radio del círculo considerado para cada factor, y a su vez es la hipotenusa del triángulo formado con la dimensión " $X_i$ " y el ángulo " $\phi_i$ ".

Como la longitud de la hipotenusa " $Y_i$ " permanece constante, para cada círculo del factor considerado, se puede hacer una gráfica de la dimensión " $X_i$ " contra el ángulo " $\phi_i$ " para cualquier diámetro de círculo seleccionado.

La Figura 35 representa una gráfica donde se incluyen diámetros de círculos desde 304.8 mm (12 pulg.) hasta 3048 mm (120 pulg) con incrementos de 152.4 mm (6 pulg.). En esta gráfica, teniendo la dimensión " $X_i$ " calculada previamente de la tabla I, se desliza horizontalmente hasta encontrar la curva del diámetro del círculo considerado; en este punto, se desciende verticalmente hasta el fondo de la gráfica y, de este modo, obtener el ángulo mínimo " $\phi_i$ " requerido para el factor analizado.

Este procedimiento se sigue para las boquillas en estudio, obteniendo para cada una, con el mismo factor el espaciado angular mínimo; la suma de estos ángulos " $\phi_i$ " será el espaciado angular mínimo entre líneas de centros de boquillas.

Se debe tener en cuenta la consideración de dos factores para cada caso particular; de este modo se obtendrán dos espaciados angulares. El mayor espaciado, de estos dos, será el espaciado angular mínimo disponible, entre líneas de centros.

#### Ejemplo 3.4.-

Encontrar el espaciado angular mínimo entre boquillas de 152.4 mm (6 pulg.) y 203.2 mm (8 pulg.) con bridas para -

presión máxima de trabajo de  $21.1 \text{ Kg/cm}^2$  ( $300 \text{ lb/pulg.}^2$ ), con la misma elevación, en una torre de  $609.6 \text{ mm}$  ( $24 \text{ pulg.}$ ) de diámetro interno y, con un espesor de envolvente de  $9.525 \text{ mm}$  ( $3/8 \text{ pulg.}$ ). Se requieren condiciones mínimas absolutas, por lo que se debe usar un refuerzo común en la envolvente, para las dos boquillas.

**Solución:**

El Caso II es el específico para boquillas con refuerzo común en la envolvente, por lo que se trabajará con los Factores "a" y "c".

**Factor "a":**

La longitud " $X_{\text{brida}}$ " para cada una de las boquillas se obtiene de la tabla I.

Datos obtenidos de la tabla I.

Para  $D_b = 152.4 \text{ mm}$  ( $6 \text{ pulg.}$ ):

$$X_{\text{brida}} = 171.45 \text{ mm} \text{ (} 6 \frac{3}{4} \text{ pulg.)}$$

Para  $D_b = 203.2 \text{ mm}$  ( $8 \text{ pulg.}$ ):

$$X_{\text{brida}} = 203.2 \text{ mm} \text{ (} 8 \text{ pulg.)}$$

Estas distancias son medidas considerando la cuerda de un círculo cuyo radio " $Y_{\text{brida}}$ " es la suma de el radio externo de la torre más la dimensión "R" (Tabla F).

Para boquillas bridadas con " $D_b$ " de 152.4 mm (6 pulg.) y 203.2 mm (8 pulg.), " $R$ " es igual a 203.2 mm (8 pulg.) para ambas.

$$\begin{aligned} Y_{\text{brida}} &= \text{radio interno de la torre} + t + R \\ &= \frac{609.6 \text{ mm} + 9.525 \text{ mm} + 203.2 \text{ mm}}{2} \\ &= 517.525 \text{ mm (20 3/8 pulg.)} \end{aligned}$$

En este caso, el valor de " $Y_{\text{brida}}$ " es el mismo para las dos boquillas, debido a que la longitud " $R$ " es la misma.

Así, el diámetro del círculo considerado es entonces:

$$2 (Y_{\text{brida}}) = 1035.05 \text{ mm (40 3/4 pulg.)}$$

Con  $X_{\text{brida}} = 171.45 \text{ mm (6 3/4 pulg.)}$ , para la boquilla con  $D_b = 152.4 \text{ mm (6 pulg.)}$  y, diámetro de círculo de 1035.05 mm (40 3/4 pulg.), se obtiene para este tipo de boquilla a partir de la Figura 35, un claro angular mínimo de  $19.2^\circ$ .

Realizando el mismo procedimiento, se obtiene que el claro angular mínimo, para la boquilla de 203.2 mm (8 pulg.) es de  $23^\circ$ .

De lo anterior, el valor del claro angular mínimo entre estas boquillas, considerando el Factor " $a$ ", es:

$$\Sigma \theta_{\text{brida}} = 19.2^\circ + 23^\circ = 42.2^\circ$$

Factor "c":

La longitud " $X_{\text{boquilla}}$ ", para cada una de las boquillas, se obtiene a partir de la Tabla I y de la ecuación:

$$X_{\text{boquilla}} = D_c/2 + 2 (t)$$

De la Table F:

Para  $D_b = 152.4 \text{ mm}$  (6 pulg.):

$$D_c/2 = 84.1375 \text{ mm} (3 \frac{5}{16} \text{ pulg.})$$

Para  $D_b = 203.2 \text{ mm}$  (8 pulg.):

$$D_c/2 = 109.5375 \text{ mm} (4 \frac{5}{16} \text{ pulg.})$$

Sumando dos veces el espesor al valor de  $D_c/2$ , se obtiene " $X_{\text{boquilla } i}$ ":

$$\begin{aligned} X_{\text{boquilla } 6} &= 84.1375 \text{ mm} + 2 (9.525 \text{ mm}) \\ &= 103.1875 \text{ mm} (4 \frac{1}{16} \text{ pulg.}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{boquilla } 8} &= 109.5375 \text{ mm} + 2 (9.525 \text{ mm}) \\ &= 128.5875 \text{ mm} (5 \frac{1}{16} \text{ pulg.}) \end{aligned}$$

Estos Factores se consideran a lo largo de un círculo con diámetro igual al diámetro interno de la torre, ó sea, 609.2 mm (24 pulg.)

Con  $X_{\text{boquilla}} = 103.1875 \text{ mm}$  (4 1/16 pulg.), para la boquilla de 152.4 mm (6 pulg.) y diámetro de círculo de 609.2 mm (24 pulg.), se obtiene de la Figura 35, para esta

boquilla, un claro mínimo angular de  $19.75^{\circ}$ .

Efectuando el mismo procedimiento anterior, se obtiene que el claro mínimo angular para la boquilla de 203.2 mm - (8 pulg.) de diámetro, es de  $25^{\circ}$ .

Así, se tiene que el claro mínimo angular entre estas boquillas, considerando también el Factor "c", es:

$$\Sigma\phi_{\text{boquilla}} = 19.75^{\circ} + 25^{\circ} = 44.75^{\circ}$$

Al comparar los valores de  $\Sigma\phi_i$ , para el Factor "a" y para el Factor "c", se observa que, el valor de  $\Sigma\phi_{\text{boquilla}}$  es el que predomina, por lo que se deberá usar un espaciado mínimo angular entre líneas de centros, mayor ó igual a  $\Sigma\phi_{\text{boquilla}}$ , por ejemplo  $45^{\circ}$ .

Espaciado Angular Mínimo entre Boquillas  
con Diferente Elevación en la Torre.

---

El espaciado angular mínimo entre boquillas cuya elevación sea diferente en la torre, es mostrado en la Figura 36; de donde se ve que la distancia mínima longitudinal "X" entre líneas de centros de las boquillas, puede ser obtenida de la Tabla G, considerándola como tal, lo que es lo suficientemente exacto para propósitos prácticos, aunque la - -

distancia real deba ser medida a lo largo de una superficie curva.

La distancia "Y" debe ser dato de diseño, y a partir de ella obtener, por cálculo, la distancia "Z".

Esta distancia "Z" es de hecho la dimensión " $X_i$ ", que se considera con anterioridad en la Figura 35.

Tomando en cuenta el valor de "Z", así como el del diámetro externo de la torre en cuestión, por medio de la Figura 35, se puede obtener el espaciado angular mínimo entre las dos boquillas a la misma elevación en la torre.

Este ángulo, sin embargo, será el ángulo completo entre las líneas de centros de las boquillas, como se muestra en la Figura 36.

Aunque se ilustran condiciones mínimas normales, suponiendo refuerzos separados en la envolvente, el mismo procedimiento puede ser aplicado para condiciones mínimas absolutas, mediante la obtención de un claro mínimo entre bridas de boquillas con refuerzos combinados.

C A P I T U L O   I V

LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS

## Plataformas y Escaleras

---

La accesibilidad externa a la torre, durante el funcionamiento ó tiempos muertos del equipo, es importante para - efectuar distintos servicios, tales como, inspección, mantenimiento y obtención de datos, en las diferentes etapas del proceso.

En el estudio de accesibilidad externa a la torre, se debe establecer, primeramente, los diferentes puntos que, - por su función, requieren de acceso a distintas elevaciones en la torre, siendo los puntos más comunes:

- a).- boquillas de proceso
- b).- boquillas de medición
- c).- entradas de hombre

a).- Acceso a boquillas de proceso.

Como la función de las boquillas de proceso es la - conducción de fluidos al interior y exterior de la torre, - mediante tubería, se requiere, por lo general, la colocación de válvulas e instrumentos de medición en estas boquillas. - Estos puntos deben tener un fácil acceso para permitir la -

inspección de instrumentos de medición y de accesorios asociados a la tubería, así como el mantenimiento de la propia tubería al poder quitar fácilmente tramos de tubería bridada.

b) Acceso a boquillas de medición

La función de las boquillas para medición directa en la torre, es el uso de ellas para la obtención de datos, por lo que se les debe proporcionar un acceso rápido a ellas.

c) Acceso a entradas de hombre.

Cada entrada de hombre, es un punto de acceso al interior de la torre, por lo que deben ser dotadas de un medio que permita facilitar su función.

El medio común que se proporciona a cada uno de los puntos que a lo largo de la torre requiere de un acceso frecuente, es la plataforma, pudiéndose encontrar, en una torre, una ó varias de ellas, localizadas cada una a diferentes elevaciones para dar acceso a los puntos seleccionados.

El acceso a las plataformas entre sí y al piso se hace por medio de escaleras del tipo marino con protección.

#### Localización

-----

La figura 37 muestra esquemáticamente la orientación en segmentos del círculo formado con el diámetro externo de

la torre, con la distribución más sencilla para entradas de hombre, colocación de escaleras y un segmento libre para la tubería, todo esto considerado al mismo nivel; siguiendo este esquema, se obtienen arreglos organizados del equipo de proceso y componentes auxiliares (accesorios), obteniendo el mínimo de interferencias entre tubería y miembros estructurales.

La elevación de plataformas en la torre, la fijará la elevación del elemento al cual se va a proporcionar acceso el número de plataformas a lo largo de la torre se establecerá de acuerdo al número de puntos que requieran acceso a distintas elevaciones en la torre.

Es práctica común que, la distancia vertical que existe entre plataformas, no exceda de una longitud de 9000 mm - (354 pulg.), lo cual ha sido establecido por "OSHA" (Occupational Security Health Agencies).

La orientación de plataformas se efectúa de acuerdo a la orientación de entradas de hombre, ó del punto ó elemento al cual se requiere dar acceso.

El espacio angular que ocupa la plataforma en la torre depende de las limitaciones de espacio en el perímetro de -

torre considerado ó espacio necesario de trabajo.

Este espacio angular ocupado por la plataforma, puede ser de  $360^{\circ}$ , sí así es requerido, y si no existen elementos que lo obstruyan grandemente, ya que algunos elementos, - como tubería, por su dimensión, pueden ser colocados a través de la plataforma sin influir en el ancho de plataforma disponible para el paso de una persona.

En el espacio angular a ocupar por la plataforma, se debe considerar la colocación de escaleras; las que darán acceso de esta plataforma a niveles inferiores y superiores, siendo estas escaleras localizadas con una distancia que es dada por el mayor ángulo posible entre ellas, ó sea cada una se encontrará lo más cerca al extremo angular considerado - (Fig. 38), siempre que resulte práctico.

Algunas veces, por la localización que se efectúa - para boquillas u otros accesorios que requieren acceso, se tienen dos ó más elementos de inspección y/o mantenimiento a una misma elevación, por lo que se necesita que la plataforma requerida a ese nivel, cubra un mayor espacio angular; con lo anterior expuesto, se puede obtener en conclusión - que, la cantidad de elementos de acceso en los diferentes -

niveles, fijará el tamaño del espacio angular a ocupar por la plataforma (Fig. 39)

Por lo general, en lo alto de la torre se coloca una plataforma, que puede ser del tipo cuadrado ó circular, cubriendo completamente la cabeza superior cuando una tubería se localiza en este punto y requiere de acceso (Fig. 40); - esta plataforma, también puede ser colocada, si se requiere, alrededor de la torre, por lo que resultaría de forma circular, cuando la tubería se encuentra a un costado de la torre (Fig. 41), ésta última opción tiene el inconveniente de no - permitir maniobrar el pescante.

#### Grapas

-----

Las grapas para plataforma, comúnmente denominadas - como "ménsulas", son los elementos estructurales en los - cuales se sostiene la plataforma; desde el punto de vista del mejor arreglo, se prefiere tener igual distancia angular entre ellas, siendo esta distancia angular igual ó menor de  $45^{\circ}$  (Fig. 42); la orientación de las ménsulas se - realiza en forma radial respecto al centro de la torre.

Las ménsulas son elementos estructurales unidos entre sí y a la torre por medio de soldadura. La Figura 43 muestra algunos tipos de ménsulas que pueden ser empleadas en la torre.

Las grapas para escalera son formadas por placas unidas entre sí y a la torre por medio de soldadura; estas grapas son localizadas a intervalos de 3000 mm (118 pulg.) ó - menos, por pares a lo largo, para dar rigidez a la escalera. La Figura 44 muestra el arreglo de grapas para escaleras del tipo marino.

Finalmente, la Figura 45 muestra un ejemplo de localización de plataformas y escaleras, en una torre, con acceso a cuatro niveles.

C A P I T U L O V

LOCALIZACION Y SELECCION DE

PESCANTES.

## Localización y Selección de Pescantes

---

En recipientes verticales considerados altos se requiere efectuar la colocación de equipos y accesorios asociados a ellos mediante operaciones, como lo son el levantamiento de estos accesorios desde el piso ó de algún lugar en la parte externa e interna del recipiente, así como la introducción y el manejo de estos accesorios en él.

Esta operación puede ser necesaria en la etapa de - instalación del equipo ó más adelante, durante la operación de la planta, para facilitar el mantenimiento del equipo; - estos elementos por su peso ó dimensiones sólo pueden ser movidos a lo largo del recipiente por medios mecánicos.

El medio mecánico comúnmente empleado en las torres de destilación es el accesorio llamado pescante, que puede ser construído con elementos estructurales metálicos ya sea de "ángulo", "canal", "viga I" ó "tubulares", y está constituído por tres secciones principales:

- una vertical ó columna
- una horizontal ó "brazo"

- y el medio de unión a la torre, que lo fijará dándole fuerza estructural.

El pescante se localiza en lo alto de la torre, y por facilidad en su manejo, se prefiere que los elementos que lo forman sean tubulares (Fig. 46). El pescante se une a la envolvente por medio de dos "grapas" igualmente orientadas, y diseñadas para permitirle girar libremente.

La grapa superior se localiza lo más cerca posible a la línea de tangencia superior de la envolvente, y la grapa inferior se localiza con respecto a la superior, a una distancia tal que ambas provoquen un momento resistente superior al momento flexionante.

La orientación de estas grapas puede fijarse prácticamente en cualquier dirección, haciéndose de modo tal, que no interfiera con tubería externa ó accesorios, ya que el elemento estructural tiene facilidad de girar completamente, cubriendo el campo de operación requerido.

Cada grapa está compuesta por tres elementos:

- uno horizontal que es la grapa en sí.
- y dos verticales que le imparten rigidez (Fig. 47).

La grapa superior tiene un orificio cuyo diámetro debe ser mayor al diámetro de la columna del pescante; las placas verticales asociadas a ella son triangulares y con un ángulo de  $30^{\circ}$  respecto a la horizontal.

La grapa inferior tiene un orificio rimado de 38.1 mm (1 1/2 pulg.) de diámetro y sus placas verticales son triangulares con un ángulo de  $45^{\circ}$  respecto a la horizontal.

El objeto del orificio de esa dimensión en la grapa, es colocar un tornillo giratorio sin rosca, para hacer la unión columna-grapa inferior del siguiente modo:

el tornillo es colocado en forma vertical desde la base interior de la columna del pescante a la grapa, colocando entre ellas dos placas, cada una de las cuales tiene un espesor de 6.35 mm (1/4 pulg.) a 12.7 mm (1/2 pulg.), y orificios de diámetro mayor que el tornillo, 38.1 mm (1 1/2 pulg.); las superficies en contacto de estas placas deben estar pulidas y lubricadas, proporcionando el giro libre al pescante (Fig. 48).

Para la manufactura de las grapas del pescante, se usan placas que generalmente tienen un espesor de 12.7 mm (1/2 pulg.) y son del mismo material que forma a la envolven-

te; los elementos que integran estas grapas, se unen entre sí y al recipiente por medio de soldadura.

En la construcción de pescantes es frecuente utilizar tubos de cualquier cédula en acero al carbón, los cuales se unen entre sí por medio de soldadura.

Las dimensiones del pescante se seleccionan de acuerdo a la carga máxima de servicio que en condiciones críticas soportaría el sistema, así como de factores de operación, - como la altura necesaria para el acceso de un operador.

Para facilitar la fabricación de pescantes, el diámetro y la cédula de tubería para formar columna y brazo deben ser los mismos, prefiriéndose el uso de diámetros de - - 101.6 mm (4 pulg.) y 152.4 mm (6 pulg.).

Se puede obtener gran rigidez en el pescante por medio de un elemento tubular que una el brazo con la columna; este elemento es independiente de las dimensiones del pescante y generalmente es construido en tubería de cédula 40 con 76.2 mm (3 pulg.) de diámetro y 1066.8 mm (42 pulg.) de longitud, instalándose a  $45^{\circ}$  con respecto a la columna y al brazo - - (Fig. 46).

Para cualquier pescante, la longitud de la columna es siempre la misma y su valor es de 4267.2 mm (168 pulg.), - llevando en todos los casos un maneral de operación situado a 1828.8 mm (72 pulg.) de altura por arriba de la grapa superior; este maneral es fabricado en tubería de cédula 40 con una longitud mínima de 304.8 mm (12 pulg.) y diámetro de - 38.1 mm ( 1 1/2 pulg.).

La selección de la longitud del brazo referida a una capacidad de carga máxima se basa en el cálculo del momento flexionante y en el módulo de sección requerido.

Considerando el brazo en "cantiliver", el momento - flexionante que en condiciones críticas soportaría el sistema es:

$$M = W L$$

donde:

"M" es el momento flexionante máximo en Kg-m

"W" es la capacidad de carga máxima en Kg

"L" es la longitud del brazo en m

$$6 \quad m = \frac{W L}{100}$$

donde:

"m" es el momento flexionante máximo en Kg-cm

A su vez el módulo de sección requerido por el brazo, para soportar las condiciones de carga y longitud, resulta - de dividir el momento flexionante máximo entre el esfuerzo de trabajo del material:

$$S = \frac{M}{f}$$

donde:

"S" = es el módulo de sección requerido en  $m^3$

"f" = es el esfuerzo de trabajo del material en  $\frac{Kg}{m^2}$

$$\text{ó } s = \frac{M}{10^9 (f)}$$

donde:

"s" = es el módulo de sección requerido en  $mm^3$

El módulo de sección disponible del brazo se define por la siguiente ecuación:

$$sd = 0.0982 \frac{D^4 - d^4}{D}$$

donde:

"sd" = es el módulo de sección disponible en  $mm^3$

"D" = es el diámetro externo en mm

"d" = es el diámetro interno en mm

Las propiedades para elementos tubulares son las siguientes:

"A" es el área de la sección transversal en  $\text{mm}^2$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

donde:

"D" es el diámetro externo de la tubería en mm

"d" es el diámetro interno de la tubería en mm

"r<sub>g</sub>" es el radio de giro en mm.

$$r_g = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$$

"I".- es el momento de inercia en  $\text{mm}^4$

$$I = (r_g)^2 (A) = 0.0491 (D^4 - d^4)$$

"sd".- es el módulo de sección disponible en  $\text{mm}^3$

$$sd = 2 \frac{(I)}{(D)}$$

Para condiciones normales de operación, se debe usar un factor de seguridad mayor ó igual a dos, lo que significa que el módulo de sección disponible debe ser por lo menos - dos veces el módulo de sección requerido.

$$sd \geq 2 s$$

La tabla J muestra diferentes valores de capacidad de carga máxima, de donde se selecciona la longitud "A" del brazo del pescante para un diámetro y cédula de tubería cualquiera.

El pescante para torres especiales, como lo son aquellas que estarán sometidas a bajas temperaturas, debe ser diseñado para no absorber estas temperaturas, lo cual se logra aislando las grapas que lo sostienen, por medio de madera, evitando de este modo la transmisión de calor, sin peligro de cambios violentos de temperatura.

C A P I T U L O VI

GRAPAS PARA AISLAMIENTO.

### Grapas Para Aislamiento

---

La función del aislamiento es mantener la temperatura de la torre para dar estabilidad en la operación al obtener control del proceso y/o protección personal. Se usan para tal servicio placas ó colchonetas de aislamiento, generalmente de fibra de vidrio, que se adapten perfectamente a la superficie de la torre.

Toda torre que requiera ser aislada, deberá tener los soportes adecuados y necesarios para sujetar o sostener el aislamiento.

Los soportes de aislamiento que se usan en una torre son: anillos-soporte, ángulos-soporte, clavijas-pernos y -tuercas sin rosca, uniéndose estos soportes a la torre, por medio de soldadura.

### Cuerpo de la Torre

---

Los soportes de acero estructural (anillos, ángulos, y barras) son colocados en el cuerpo de la torre, localizándose con espaciados longitudinales que dependerán de las dimenu

siones y forma en que pueda ser proveído el aislamiento; generalmente, este espaciado longitudinal es de 3,600 mm (141 3/4 pulg.) entre centros de soportes, cuando el aislamiento se ha suministrado en forma de placa, ó de 2,500 mm (98 1/2 pulg.) cuando se usan colchonetas.

Estos soportes se colocan en forma horizontal, con un grosor tal que sostengan en torres con aislamiento de capa múltiple, la mitad del espesor de la capa exterior, y, en los casos de una sola capa, la mitad del espesor del aislamiento.

Cuando la torre tenga faldón, el anillo-soporte inferior se debe localizar un poco abajo del extremo superior del faldón, generalmente a 508 mm (20 pulg.), pero si éste tiene menos de 1016 mm (40 pulg.) de alto, no será necesario utilizar dicho anillo, cubriendo el faldón completamente con aislamiento.

Si el aislamiento empleado es en forma de colchoneta, los anillos pueden suprimirse, substituyéndolos por pernos soldados a distancias de aproximadamente 305 mm (12 pulg.) entre centros, siempre y cuando resulte más económico.

Las torres pueden estar sostenidas con faldón, ó con una estructura-soporte, siendo conveniente aislar completamente el fondo del recipiente; también como medida de protección se debe aislar una distancia de 610 mm (24 pulg.), desde el punto de contacto con el cuerpo de la torre.

El aislamiento se debe fabricar de tal manera que se ajuste al diámetro de la torre a la que se va a aplicar, y las juntas ó uniones entre aislamiento deben ser selladas perfectamente.

Cuando se requieran capas adicionales de aislamiento, éstas se colocarán en forma similar a la primera capa, pero teniendo cuidado de que no coincidan dos juntas, para lo cual éstas se deben escalonar.

Todas las juntas de la capa exterior de aislante deben sellarse, aislando, de esta forma, los soportes anulares que queden en el exterior de la torre (Fig. 49).

#### Cabeza Superior de la Torre

-----

La cabeza superior de la torre se debe aislar con placas ó colchonetas de aislamiento cortadas de tal forma que se adapten al contorno de la tapa ó cabeza.

Para sujetar las placas de aislamiento, se usará un anillo flotante, construido de varillas de acero al carbón generalmente con diámetro de 9.525 mm (3/8 pulg.).

El anillo flotante se colocará sobre el aislamiento y en el centro de la cabeza superior, de tal manera que no tenga contacto con ninguna boquilla, (si la hubiere), ó partes metálicas. Del anillo se fija un extremo de uno de los flejes que sujetará el aislamiento, y del otro extremo se fijará convenientemente a un fleje circunferencial colocado en la parte superior del cuerpo cilíndrico, ya próximo a la cabeza (Fig. 50).

Se debe colocar un número adecuado de flejes en forma radial a distancias máximas de 305 mm (12 pulg.) medidas en la circunferencia del cuerpo de la torre, con el fin de sujetar el aislamiento de la cabeza superior, alrededor de la torre.

#### Cabeza Inferior y Faldón de la Torre

---

Las placas de aislamiento deberán estar sujetas a la cabeza inferior con alambre y flejes. El alambre se fija a tuercas sin rosca, ó varillas en "U" soldadas sobre la cabeza con una separación entre centros, no mayor de 305 mm (12 pulg) (Fig. 51).

Si se usan colchonetas de aislamiento, éstas se deben sujetar a la cabeza inferior de la torre por medio de clavijas-pernos y grapas rápidas (Fig. 52).

APENDICE DE FIGURAS

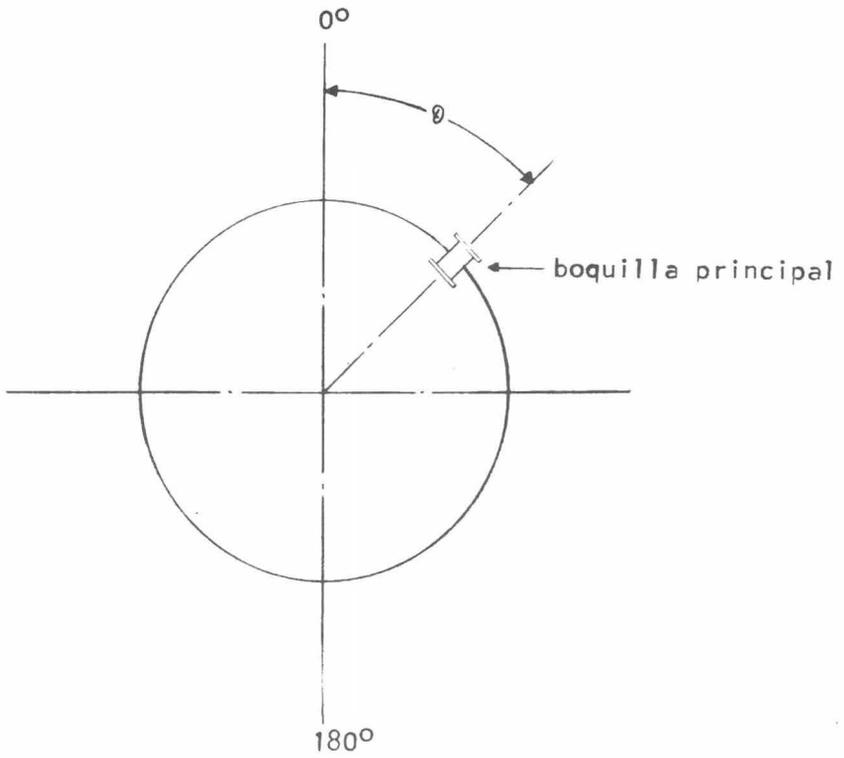


Fig. 1.- Orientación de la boquilla principal.

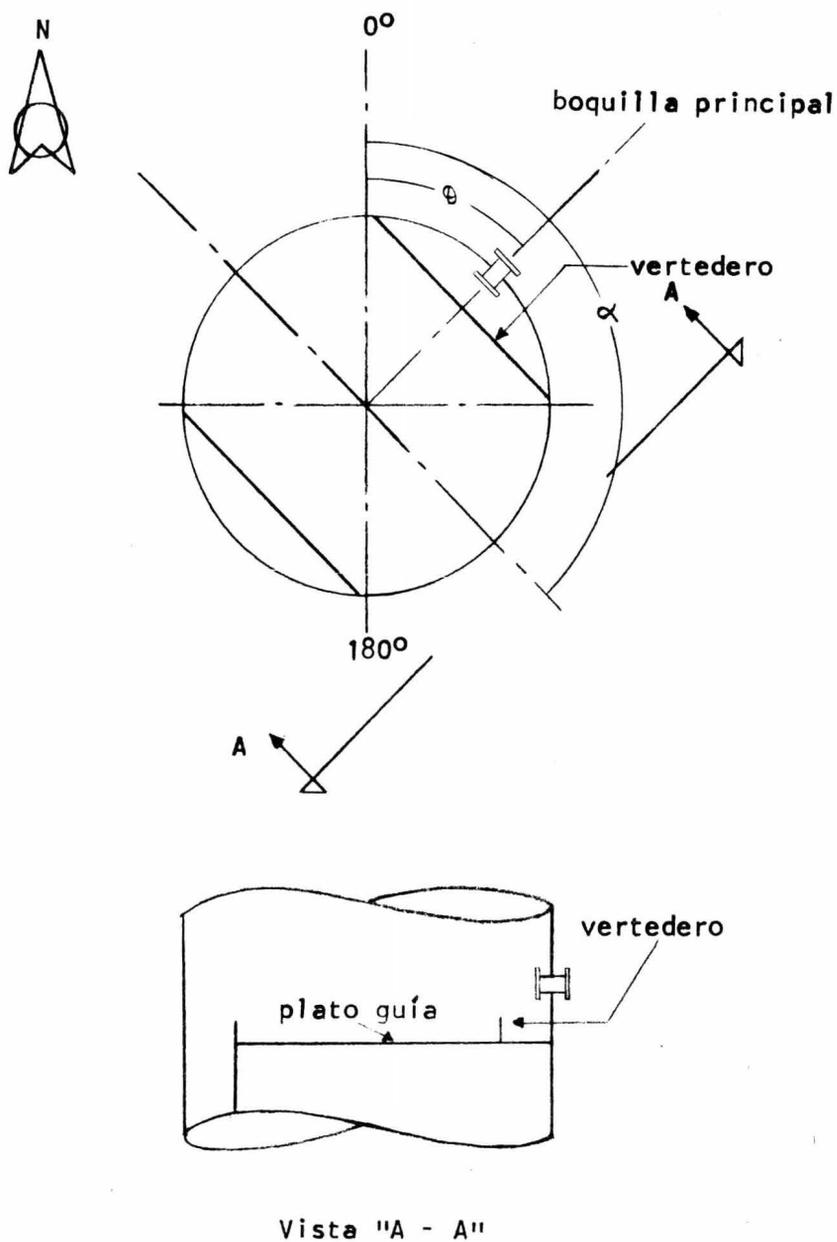
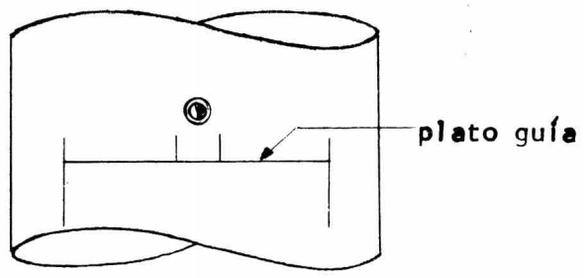
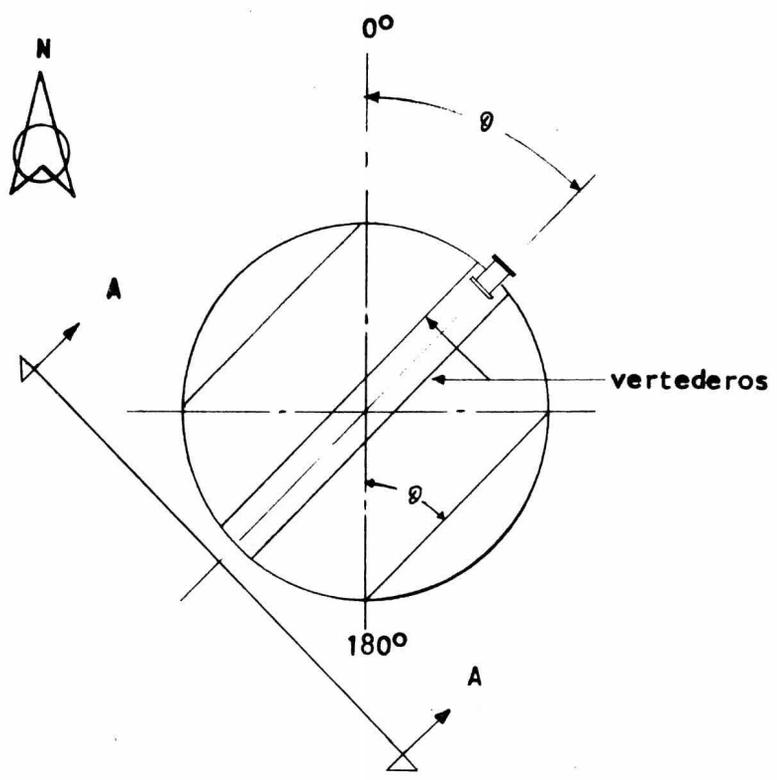


Fig. 2.- Orientación de plato guía con flujo cruzado.



Vista "A - A"

Fig. 3.- Orientación de plato guía con flujo doble.

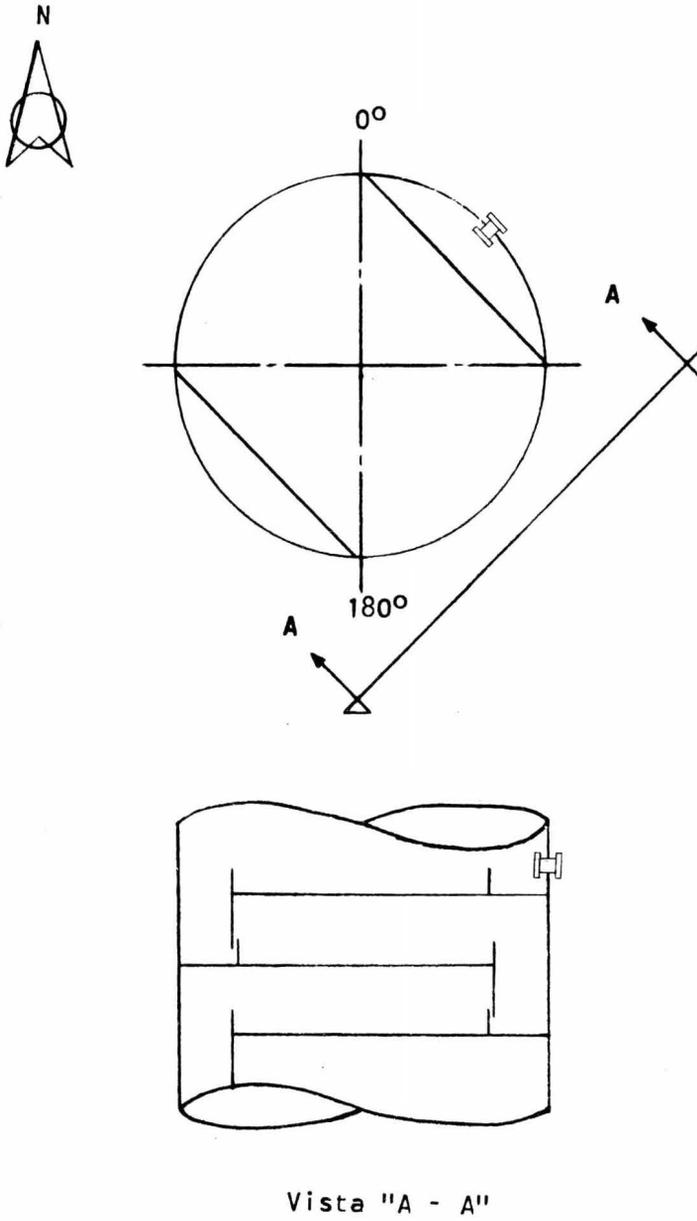
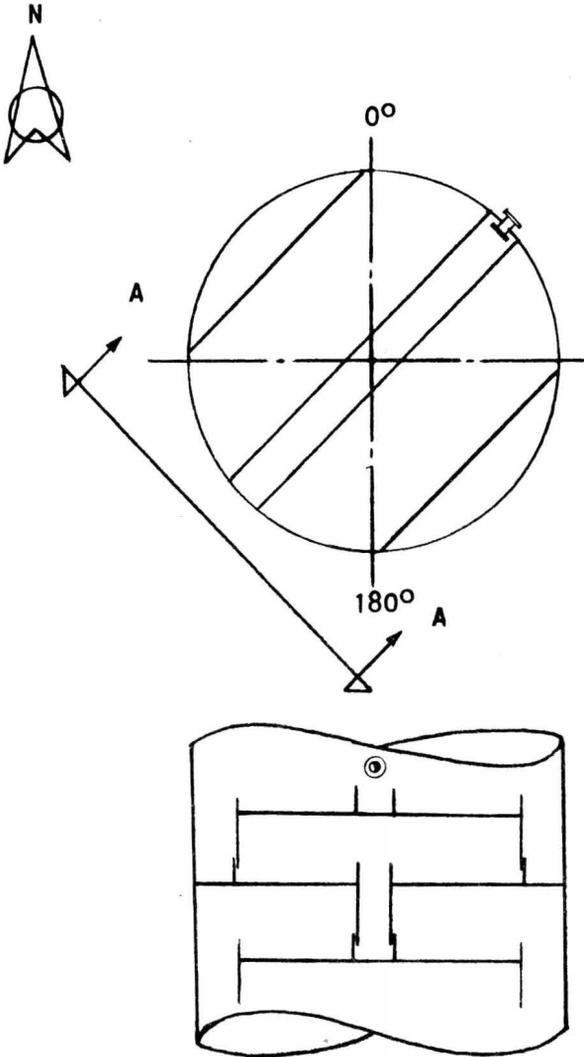


Fig. 4.- Torre de platos con flujo cruzado.



Vista "A - A"

Fig. 5.- Torre de platos con flujo doble.

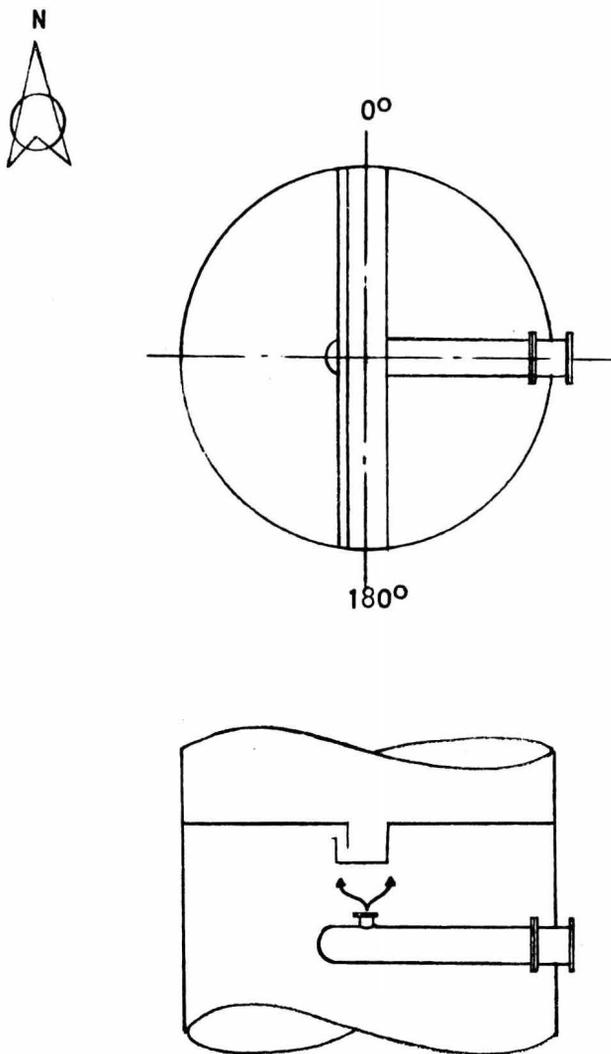


Fig. 6.- Plato de sello en el fondo de la torre.

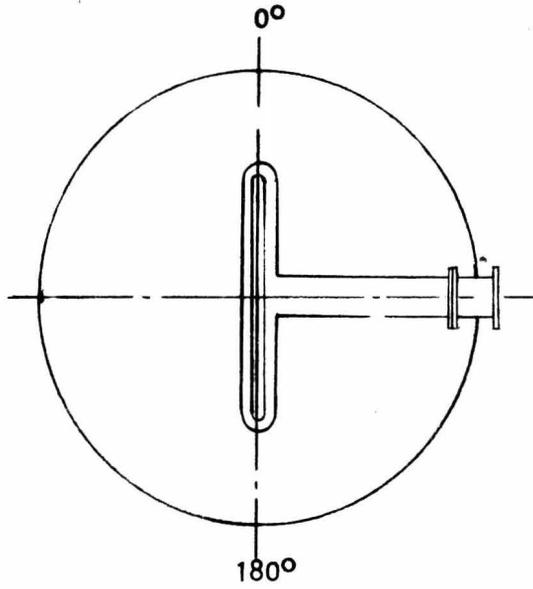


Fig. 7.- Rehervidor con "T"

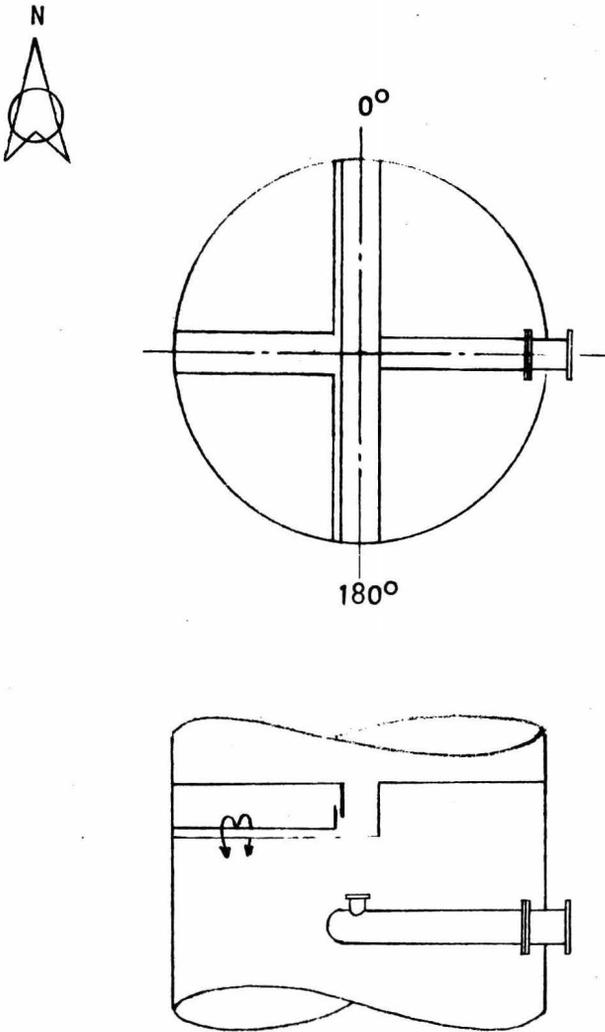


Fig. 8.- Torre de platos con plato de sello extendido.

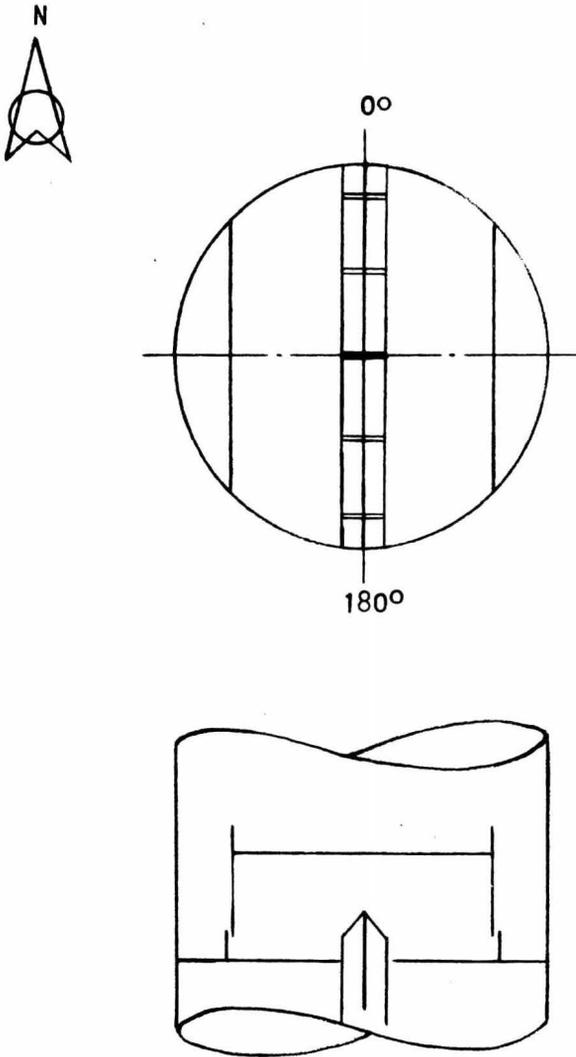


Fig. 9.- Mampara de choque en bajantes centrales.

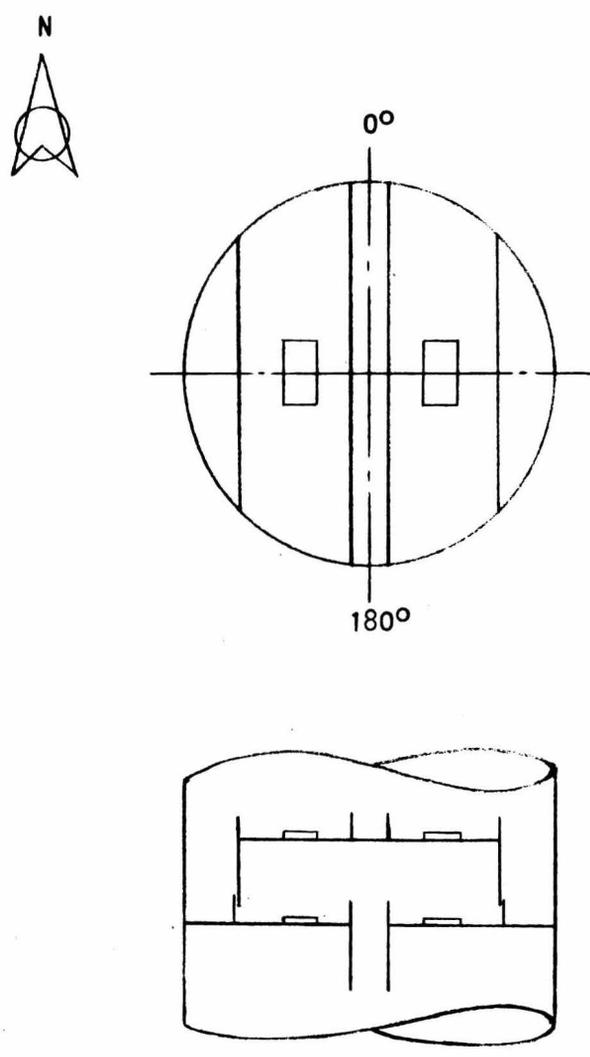
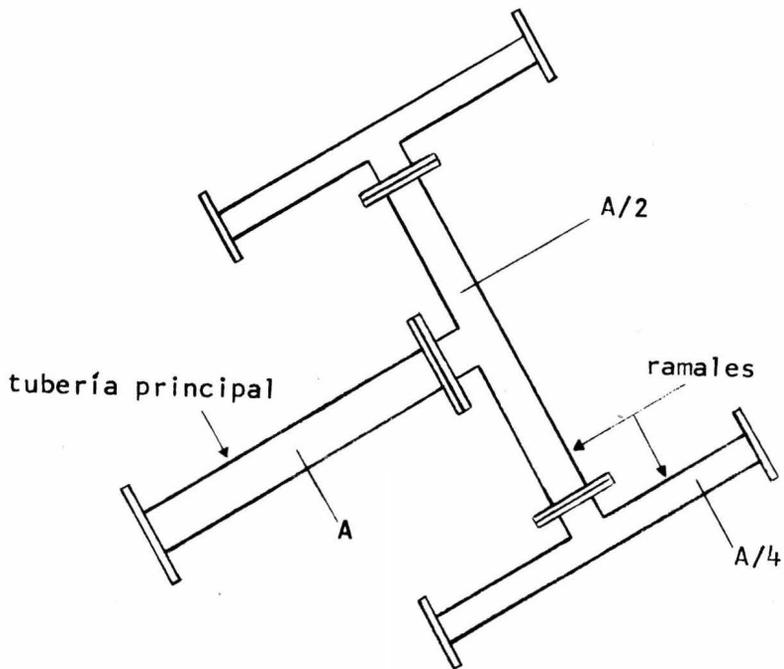


Fig. 10.- Secciones removibles en platos de multiples pasos.



Nota:

"A" es el área transversal de tubería principal  
 $A/2$  y  $A/4$  son las áreas transversales de ramales.

Fig.11.-Distribución de  
tubería y ramales.

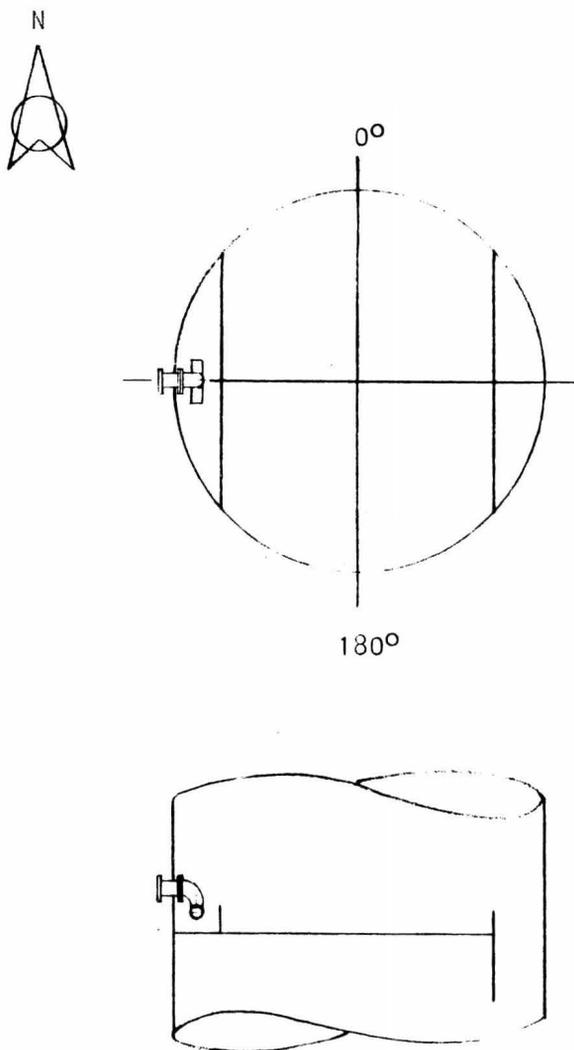


Fig. 12.- Tubería interna para plato guía  
con flujo cruzado.

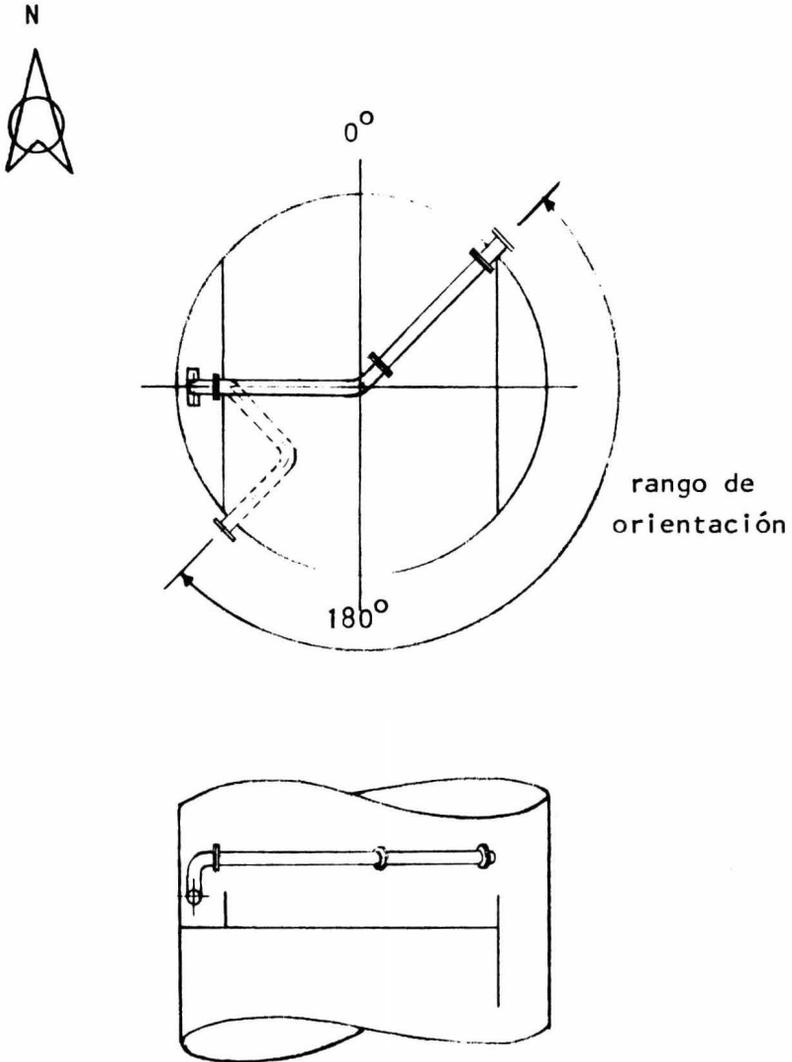


Fig. 13.- Rango de orientación de tubería para plato con flujo cruzado.

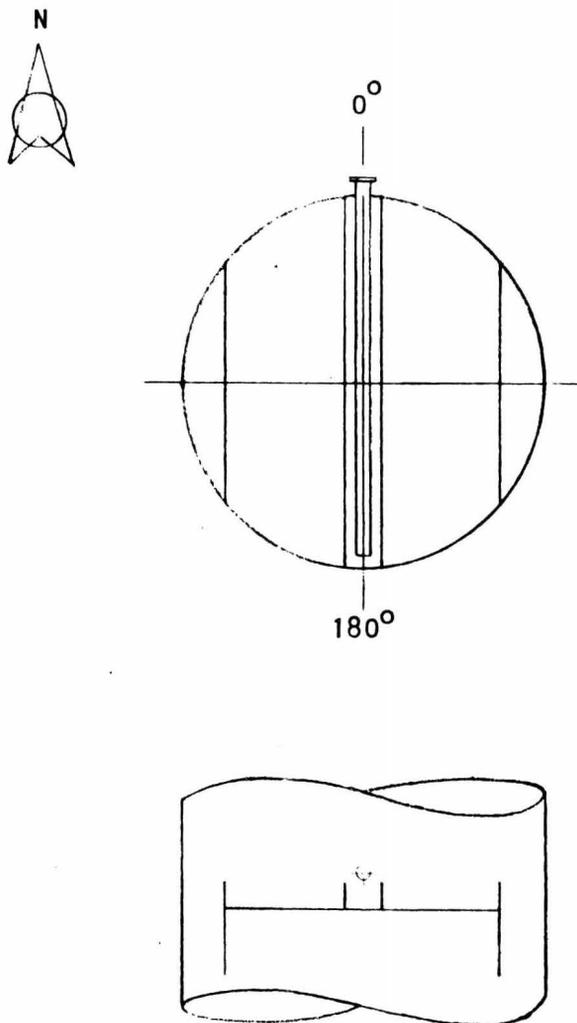


Fig. 14.- Tubería interna de distribución para plato guía con flujo doble.

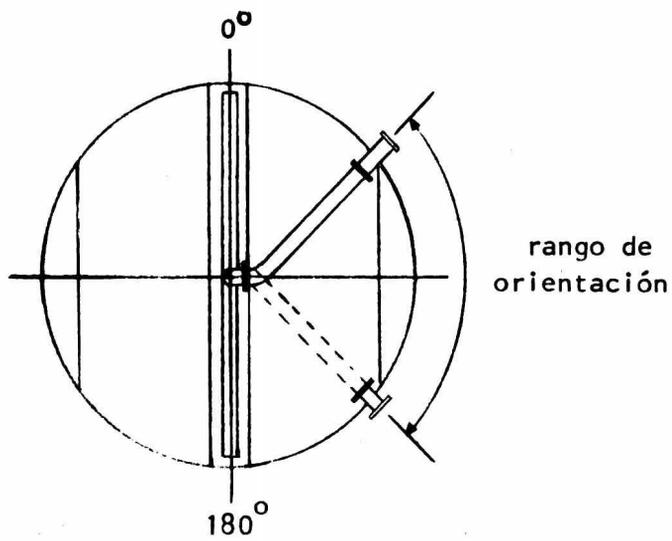
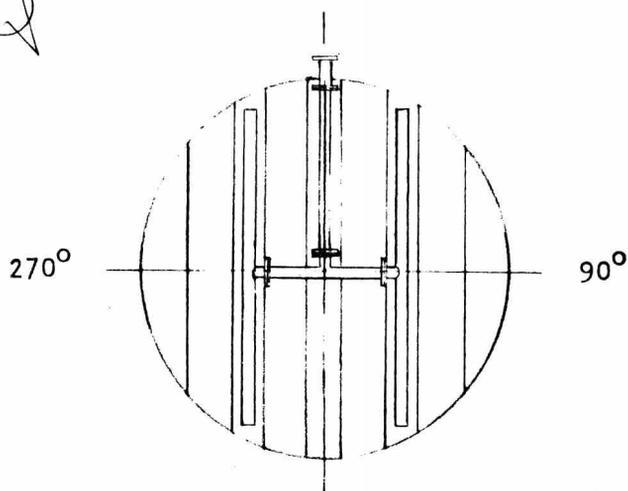
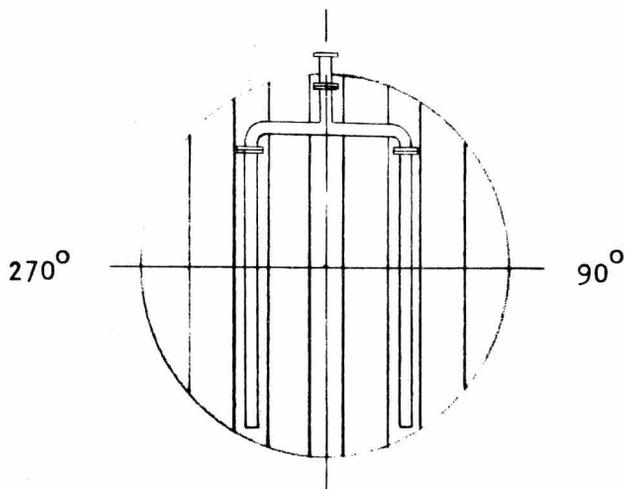


Fig. 15.- Rango de orientación de tubería interna para plato con flujo doble.



a) tubería centrada en "H".



b) tubería centrada en "U".

Fig. 16.- Tubería interna de distribución para plato guía con flujo de varios pasos.



rango de  
orientación

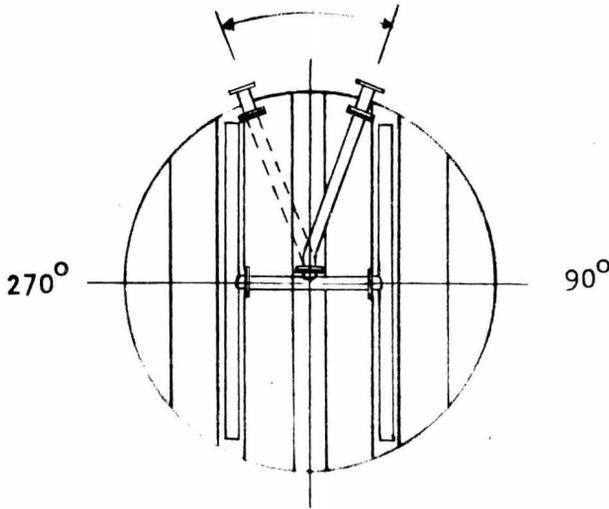


Fig. 17.- Rango de orientación de tubería interna para platos con flujo de varios pasos.

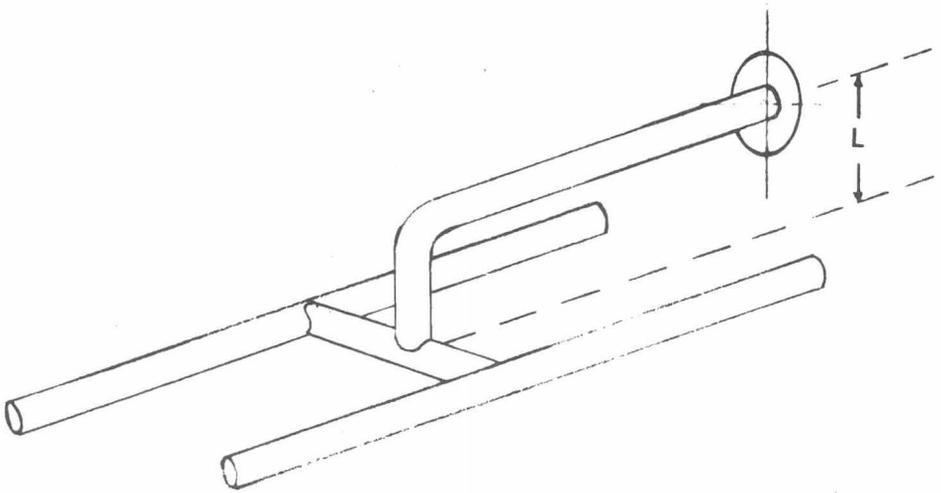
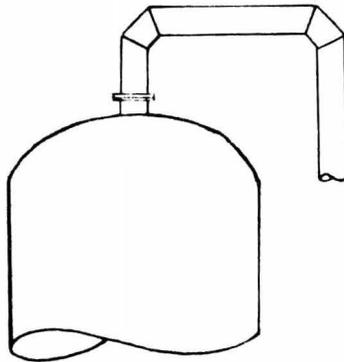
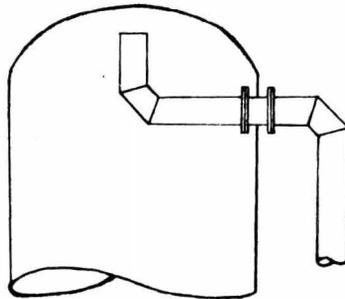


Fig. 18.- Tubería centrada en "H" con elevación "L".



a) Tubería superior.



b) Tubería lateral.

Fig. 19.- Salida de vapor en la torre.

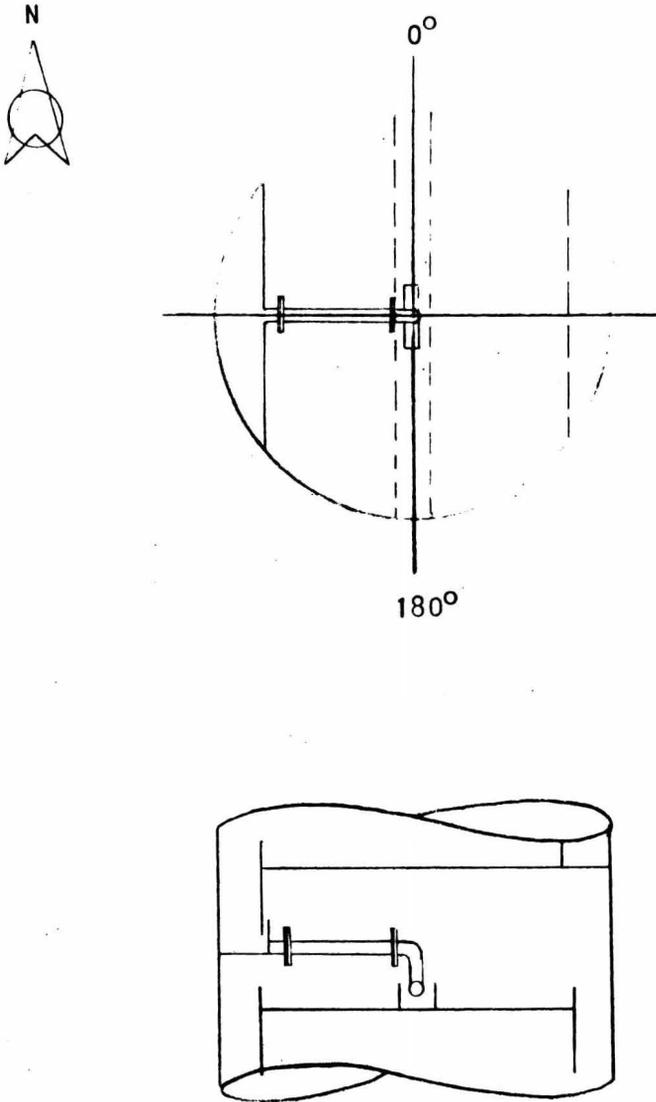
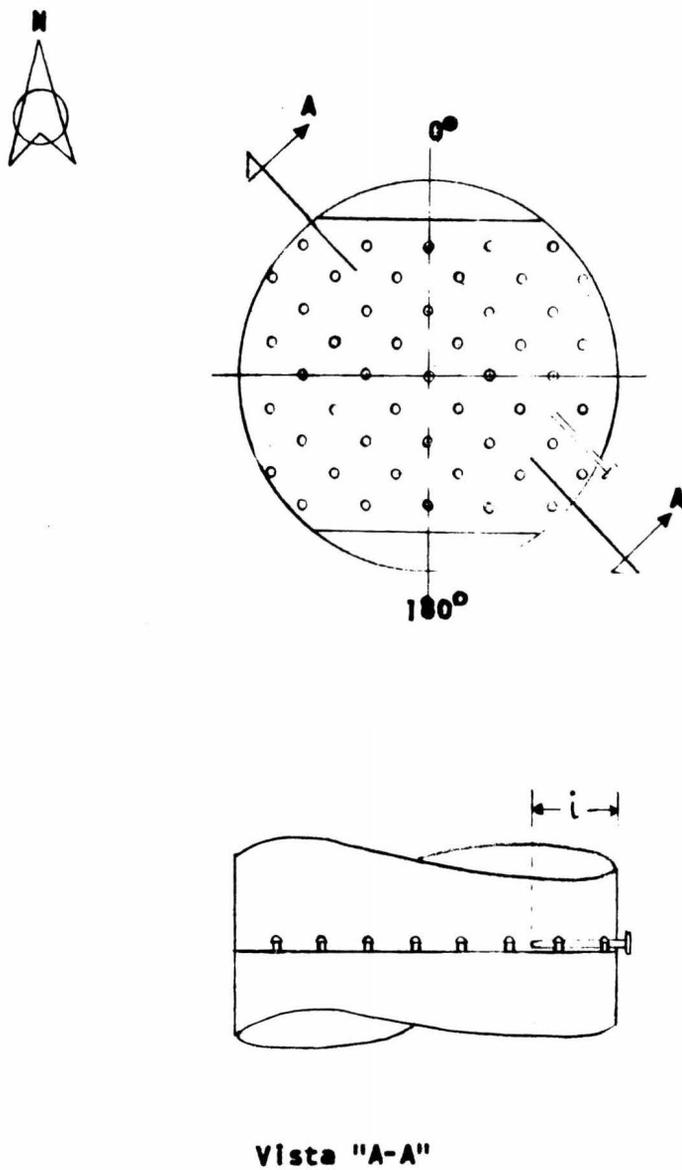
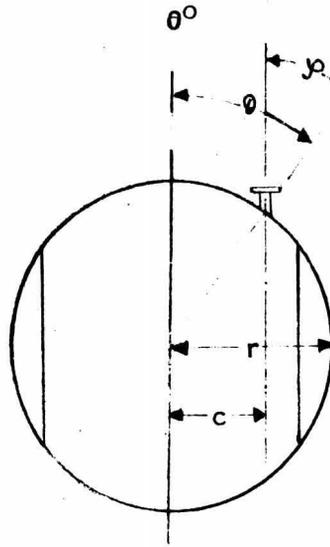


Fig. 20.- Alimentación de fluido, de plato con flujo cruzado a plato con flujo doble.

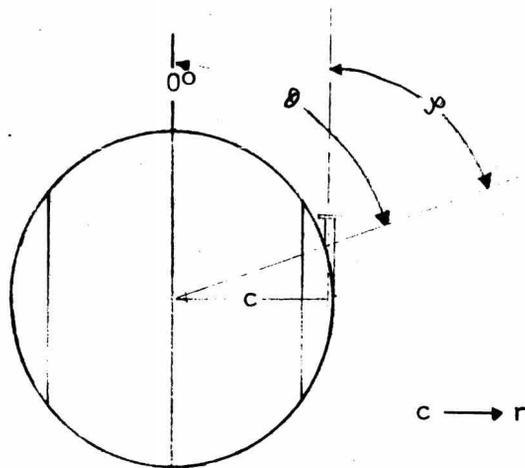


**Fig. 21.- Localización de termopozo en el plato**



180°

a). Para elementos burbujeadores.



180°

b). Para tinas de plato.

Fig. 22.- Orientación de boquillas para termopozo.

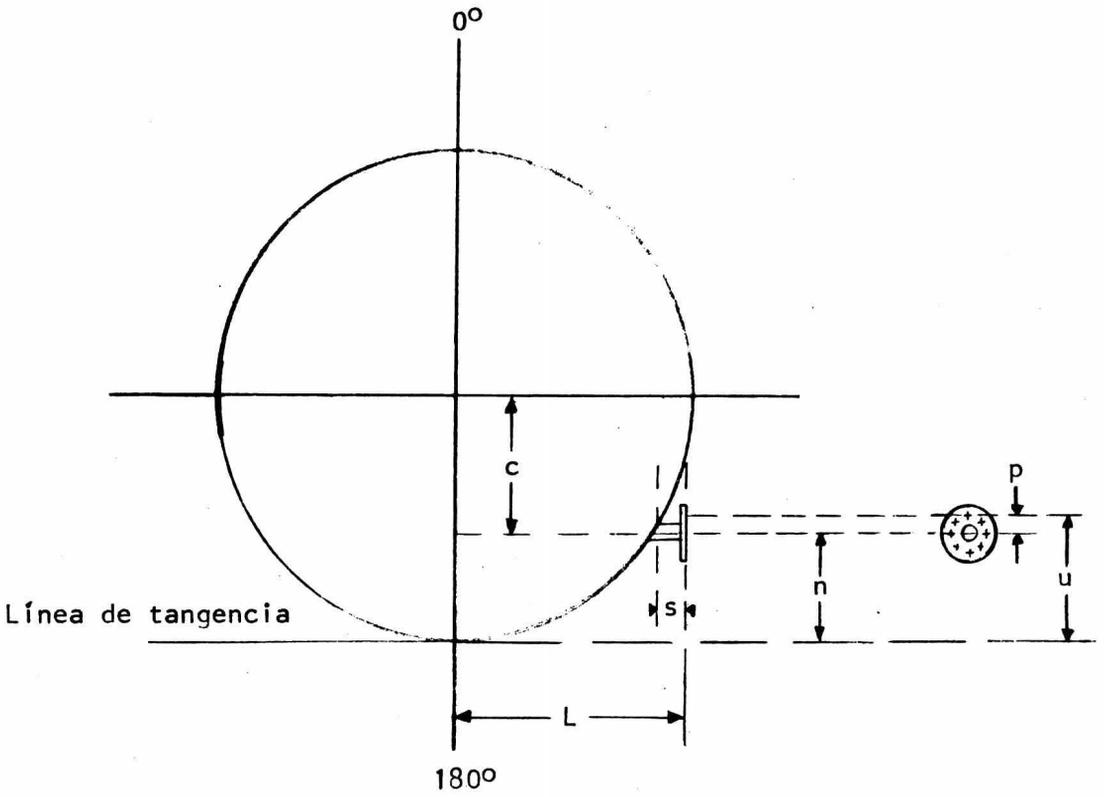


Fig. 23.- Orientación de boquilla bridada.

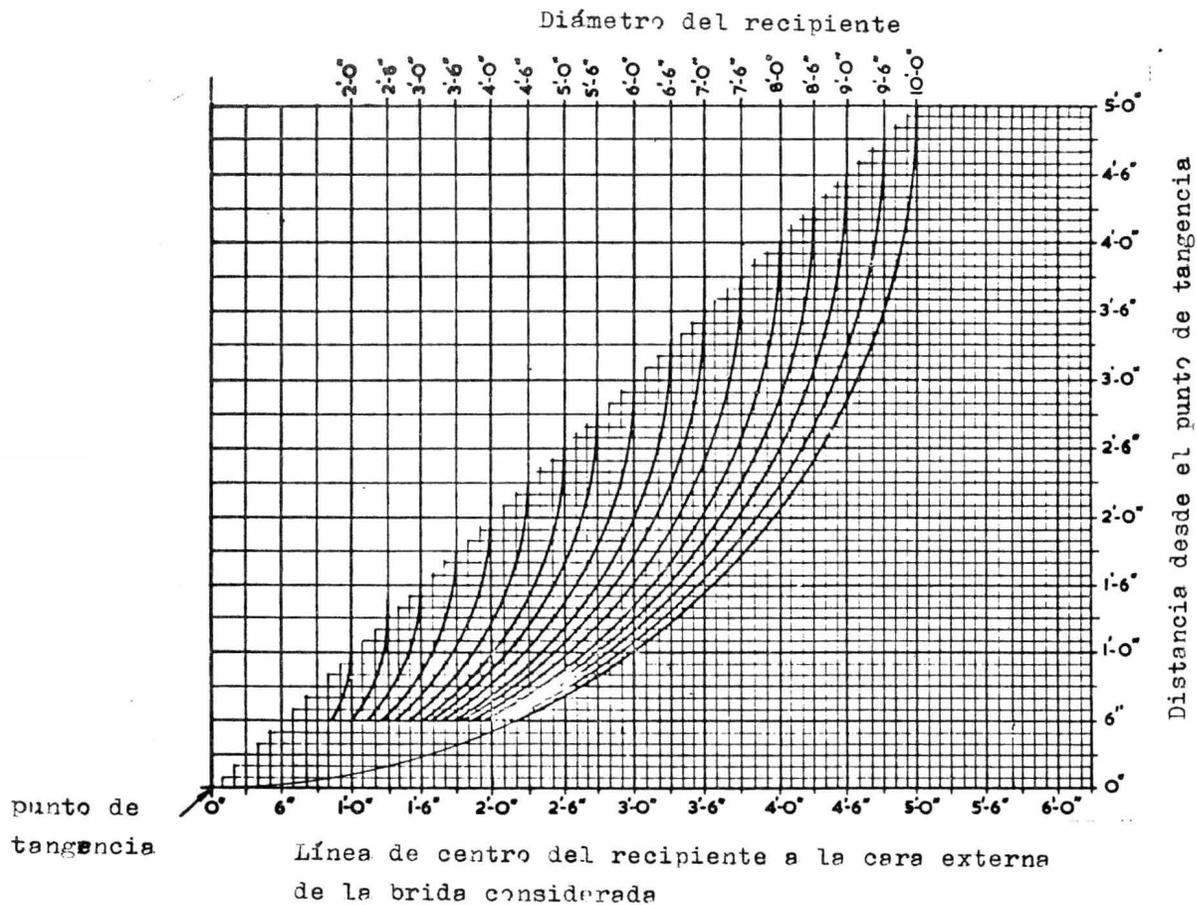


Fig. 24

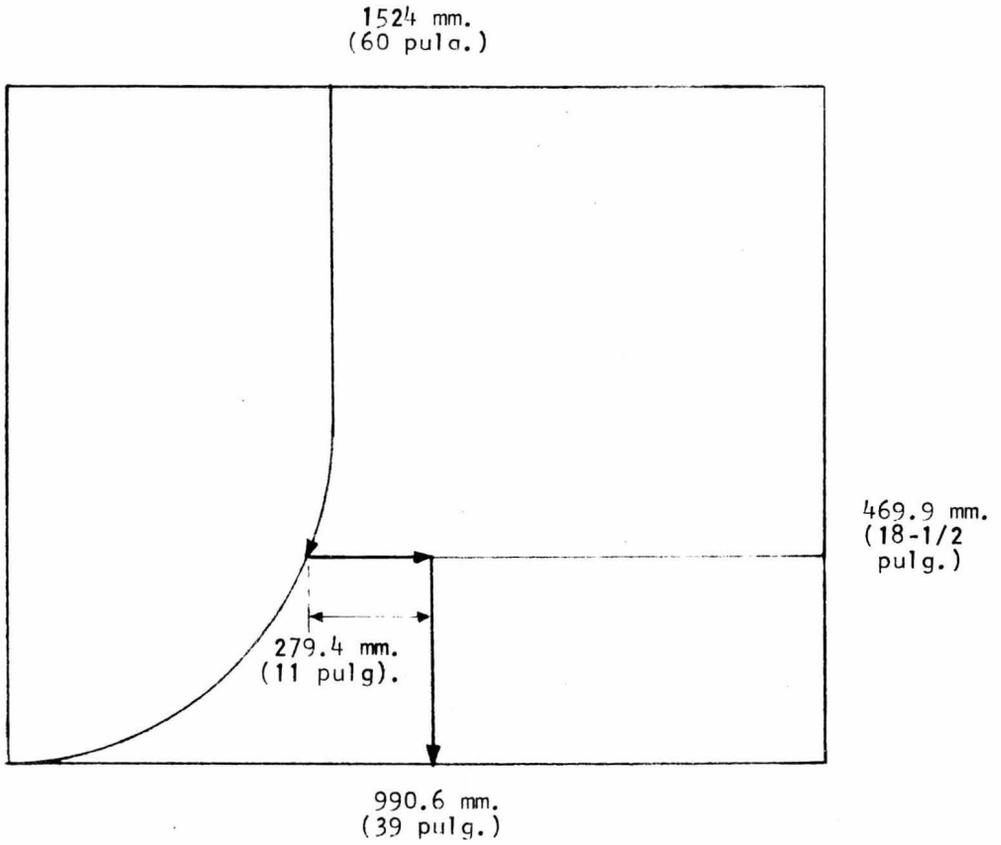
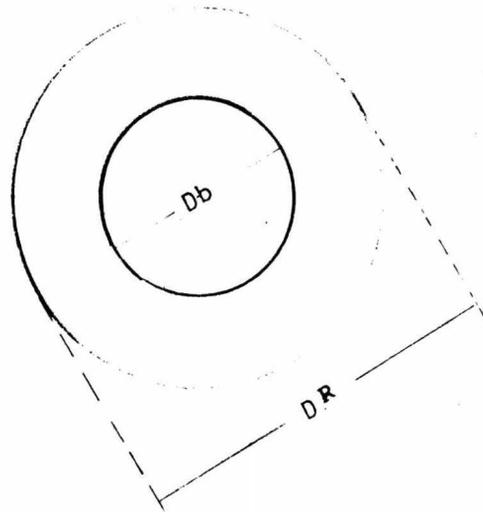


Fig. 25.- Solución gráfica particular al ejemplo 3.1



$$D_R = 2 D_b$$

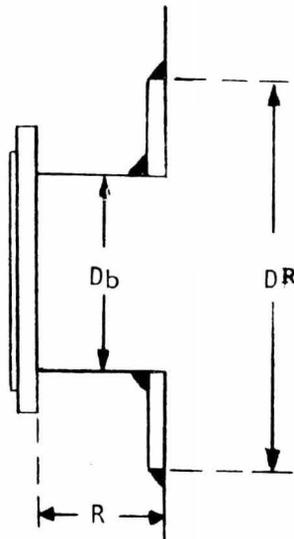


Fig. 26.- Boquillas con orientacion radial.

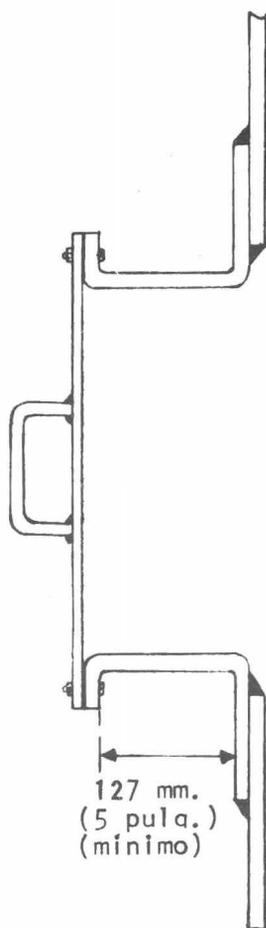


Fig. 27.- Entrada de hombre.

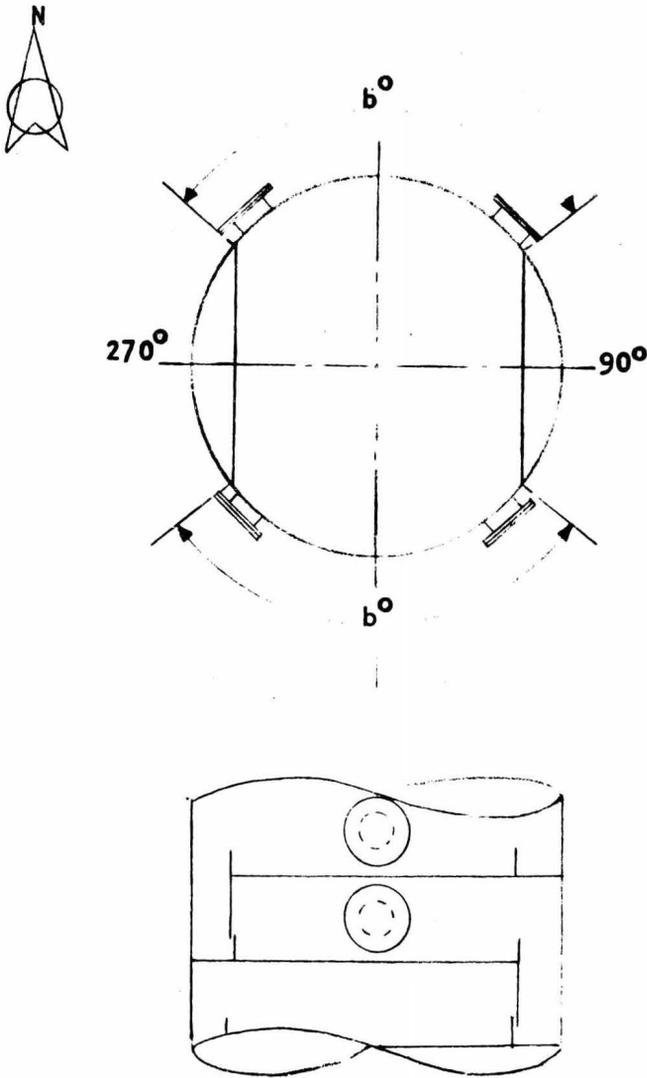
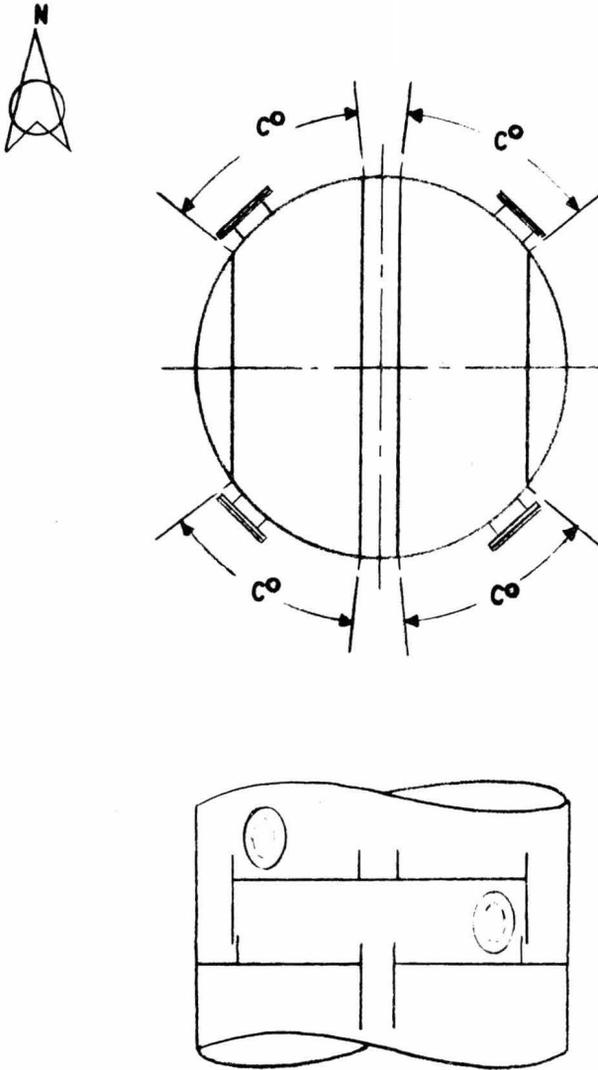


Fig. 28.- Localización de entradas de hombre para platos con flujo cruzado.



**Fig. 29.- Localización de entradas de hombre para platos con flujo doble ó de más pasos**

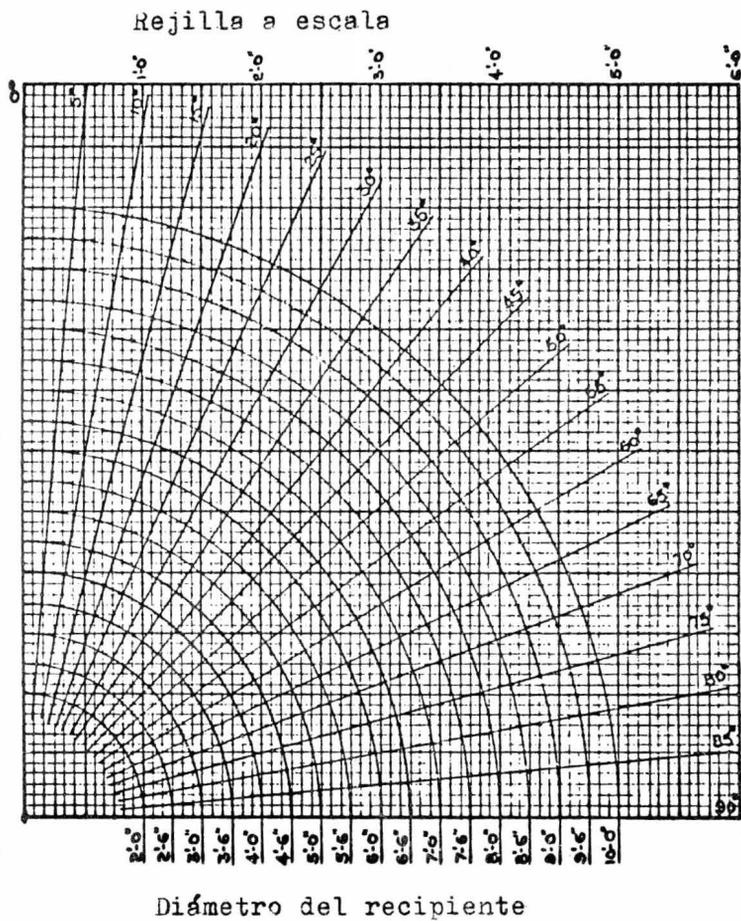


Figura 30.- Arreglo interno de la torre.  
a escala.

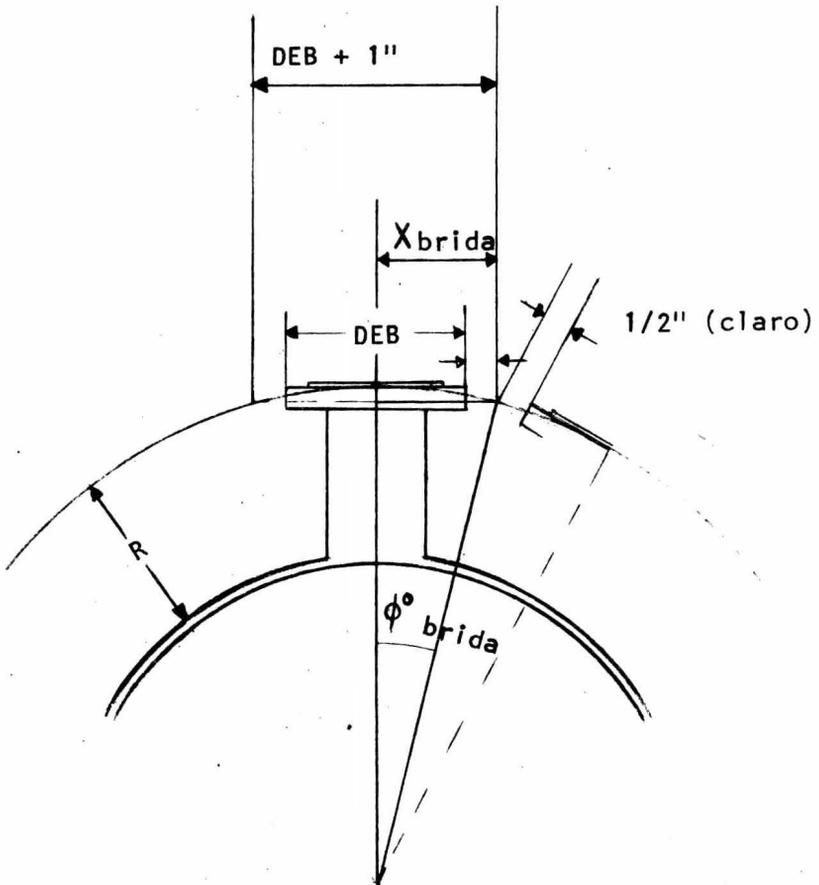


Fig. 31.- Claro mínimo entre boquillas considerando las bridas.

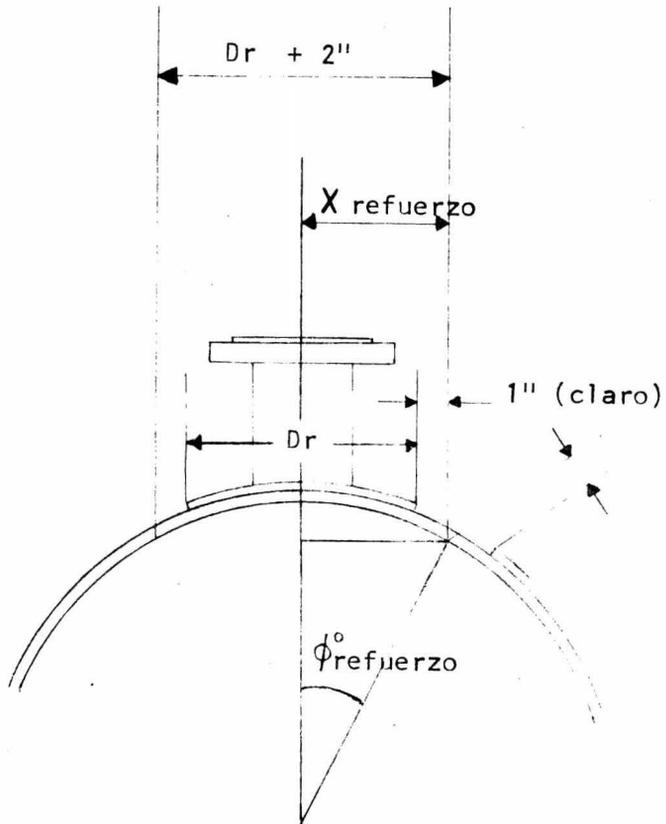


Fig. 32.- Claro mínimo entre boquillas considerando refuerzo.

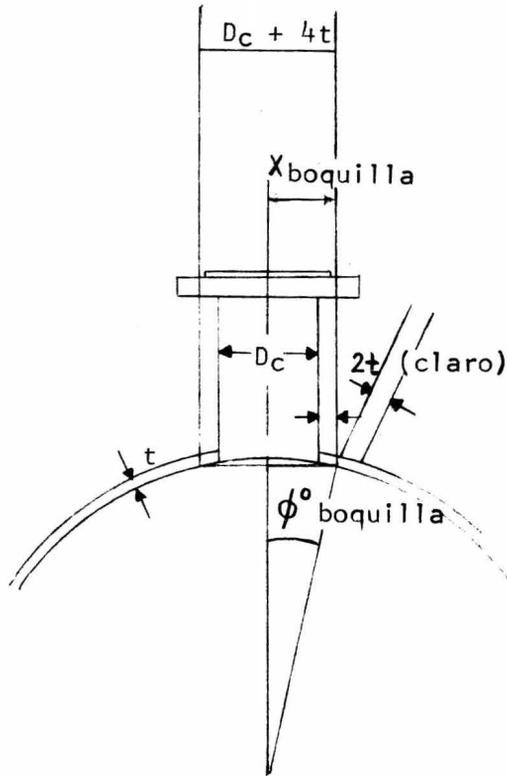


Fig. 33.- Claro mínimo entre cuellos de boquillas.

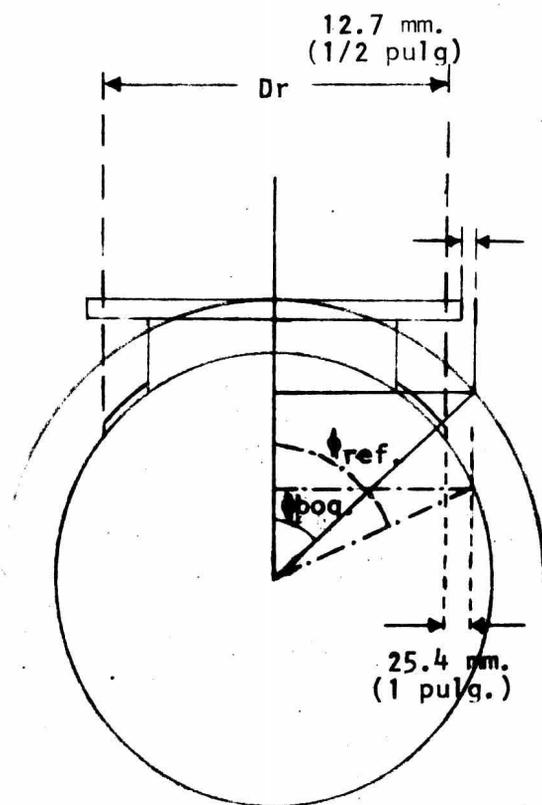
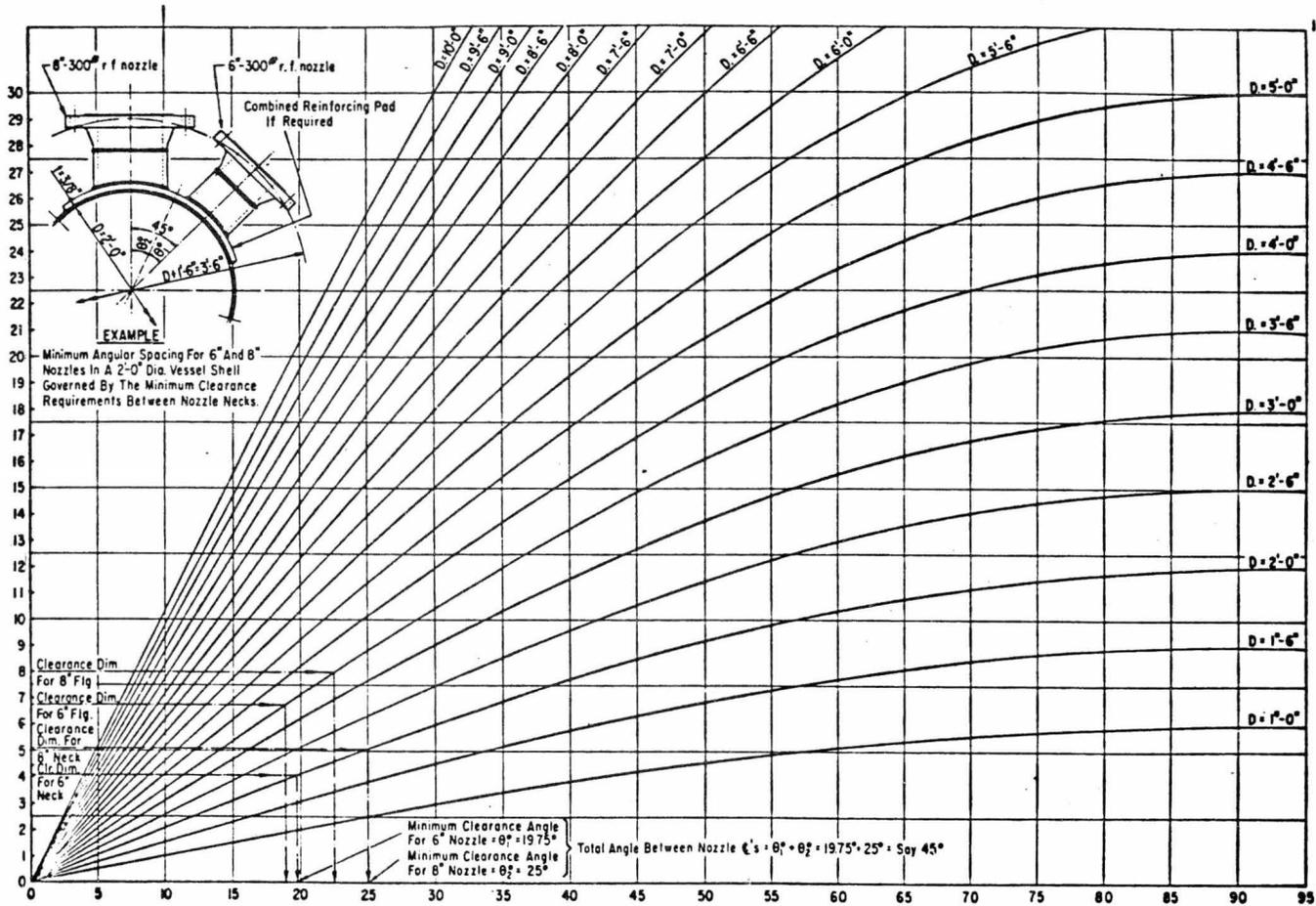


Fig. 34.- Torre de diámetro pequeño; el refuerzo predomina.



Espaciado Angular Mínimo para orificios en grados.

Fig. 35

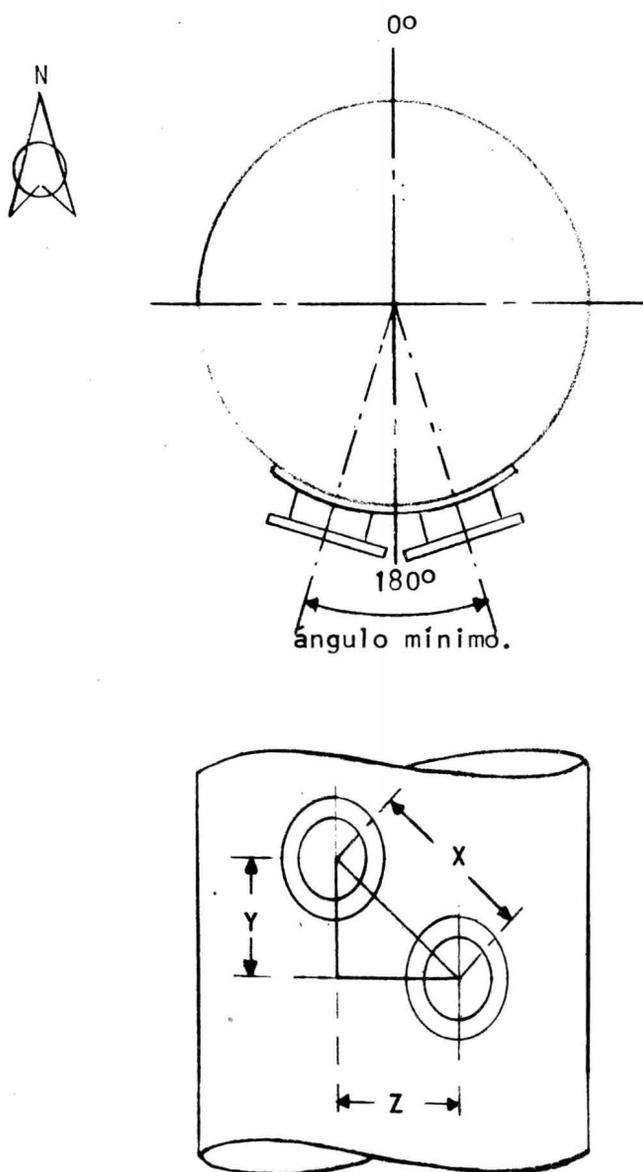


Fig. 36.- Espaciado angular entre boquillas con diferente elevación en la torre.

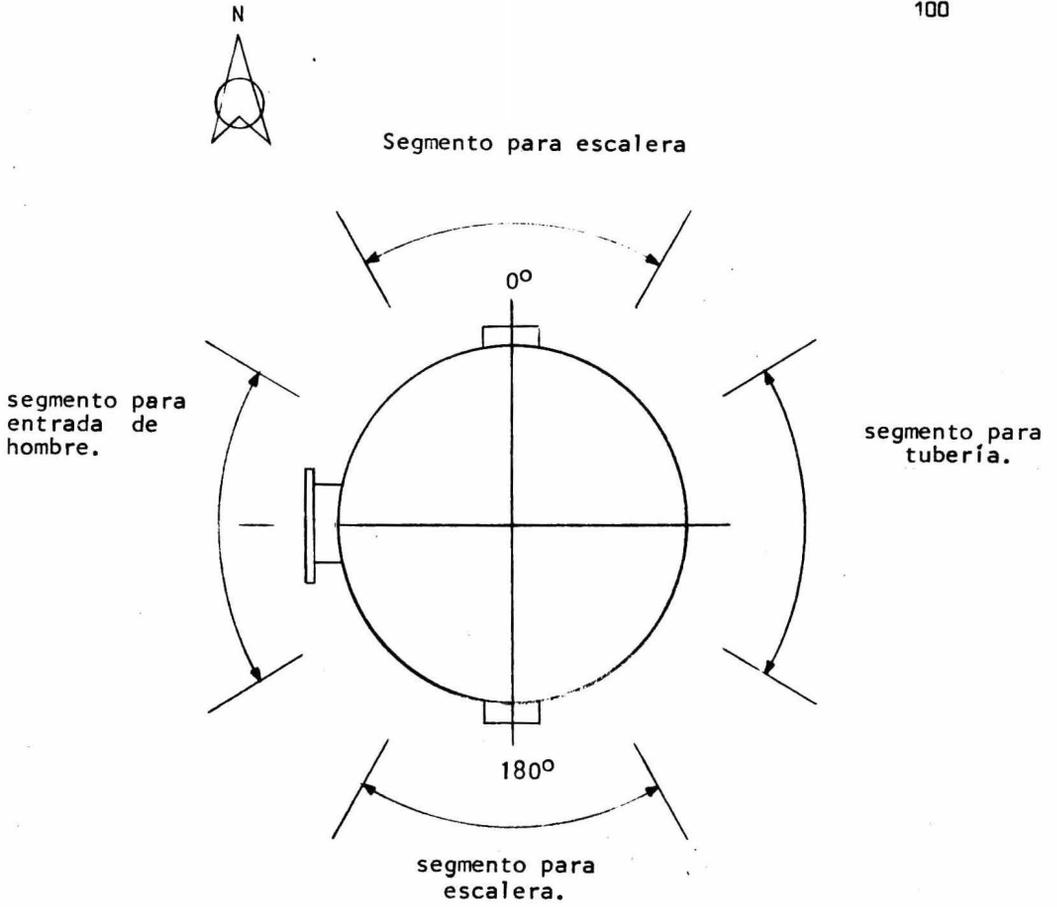


Fig. 37.- Orientación más sencilla para accesorios externos en la torre.

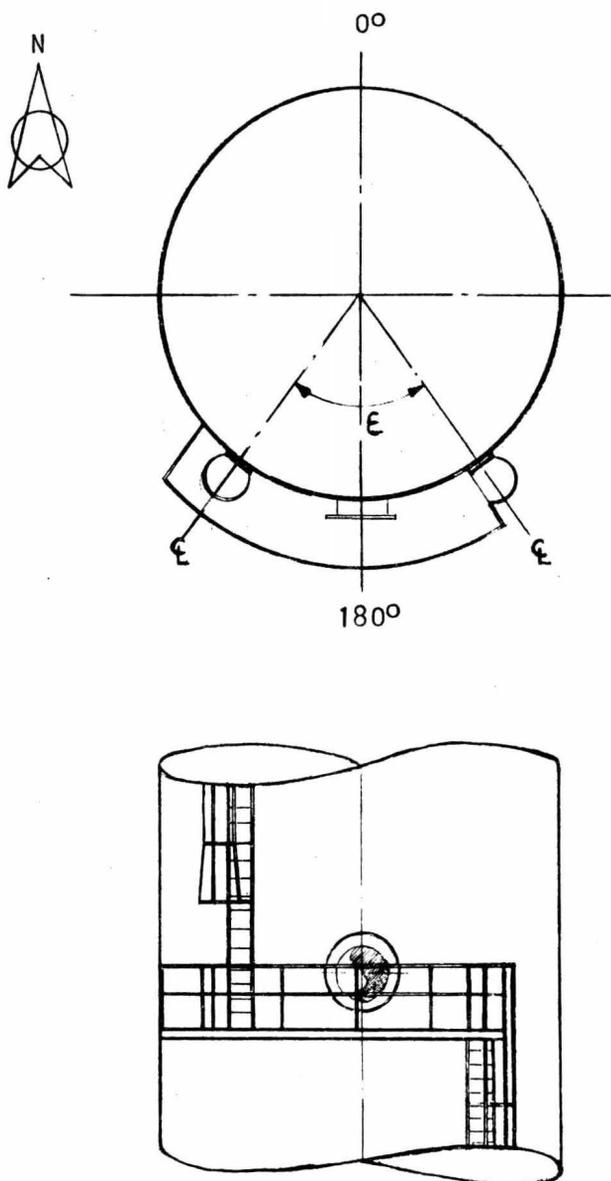


Fig. 38.- Espaciado angular " $\epsilon$ " entre líneas de centro de escaleras.

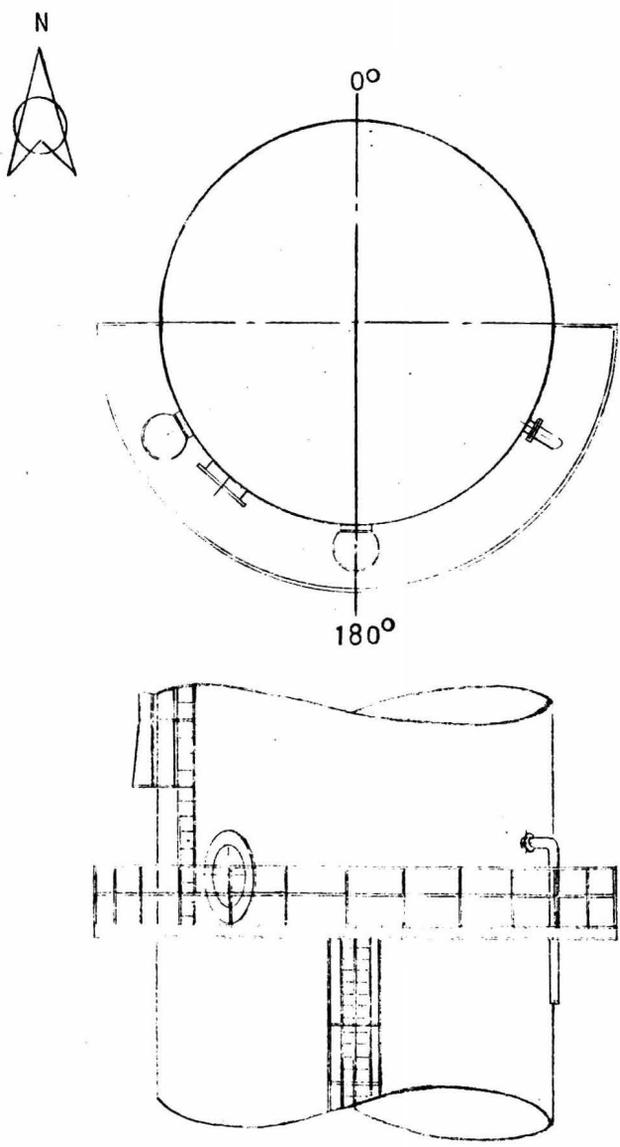


Fig. 39.- Plataforma a un mismo nivel para dos elementos de inspección v/o mantenimiento.

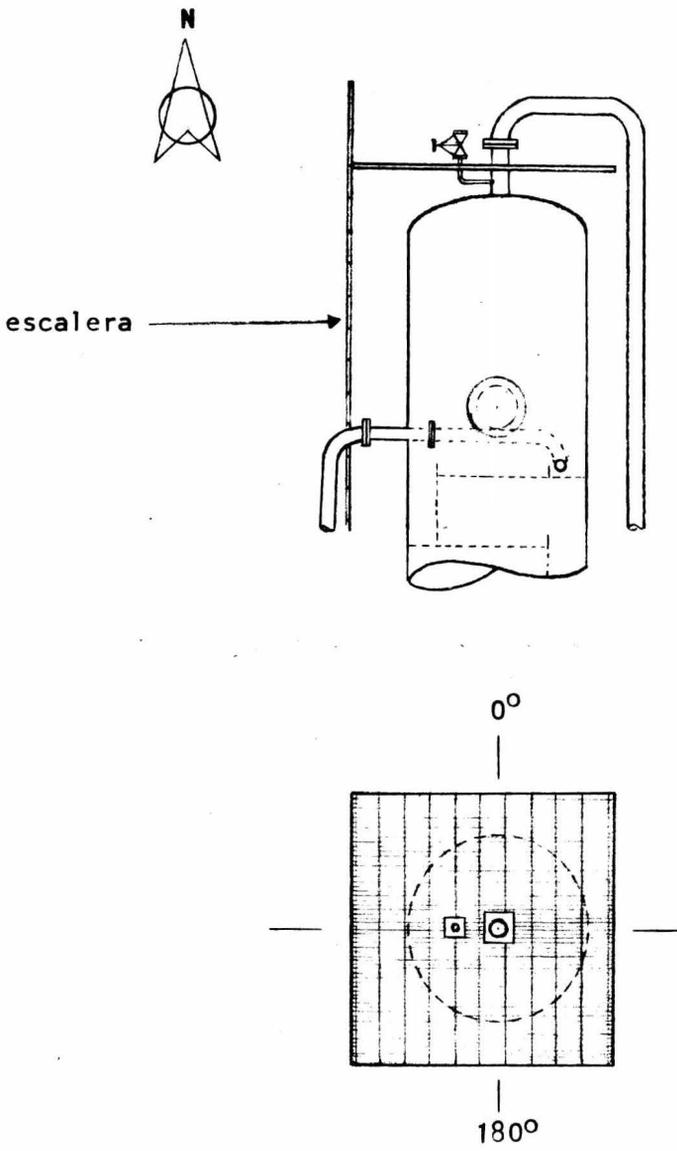


Fig. 40.- Plataforma superior en lo alto de la torre.

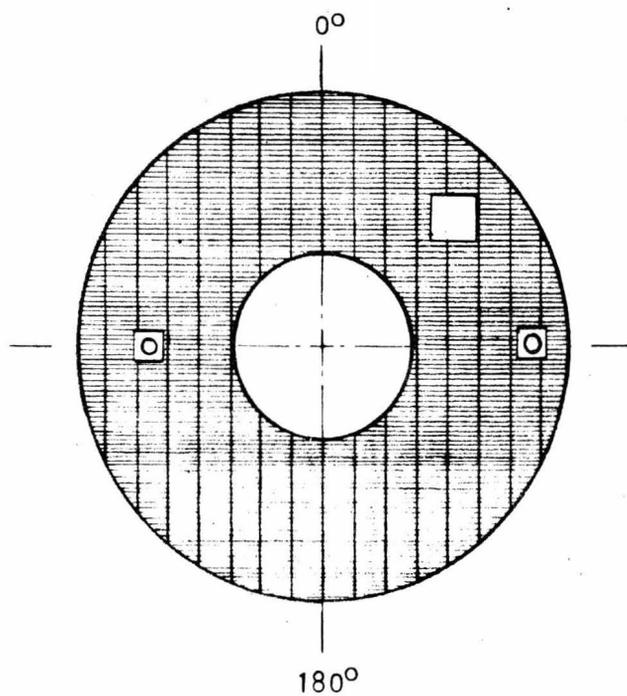
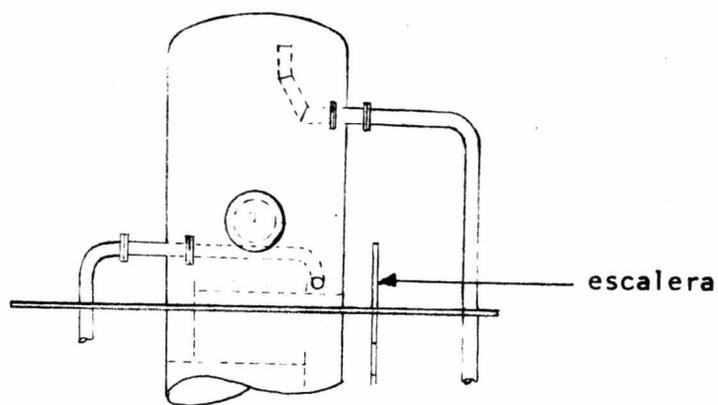


Fig. 41.- Plataforma superior en el cuerpo de la torre.

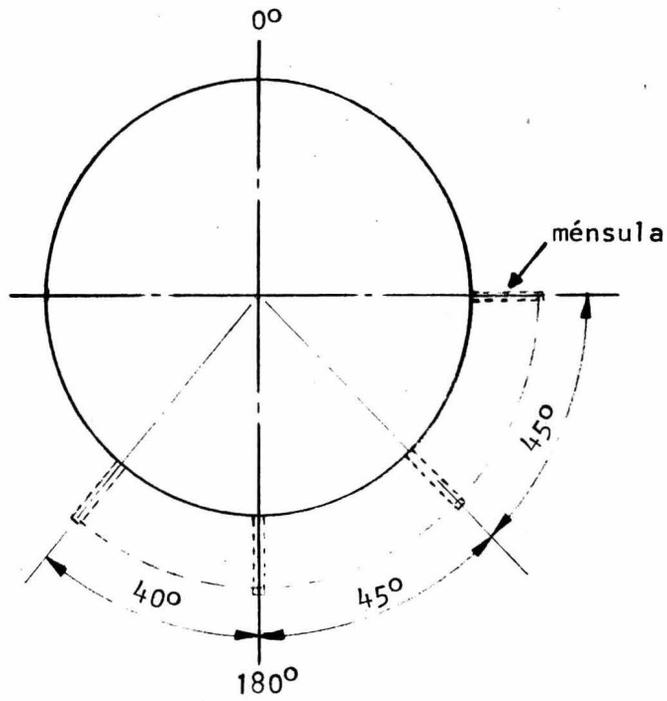
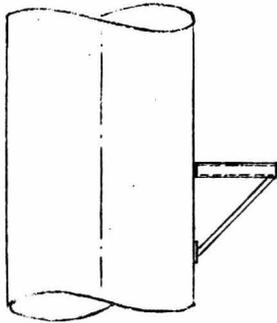
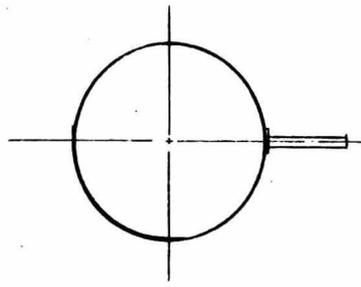


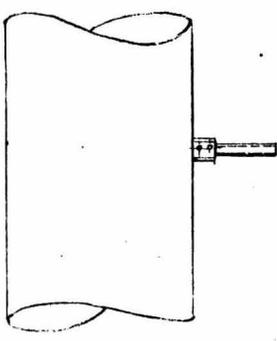
Fig. 42.- Distancia angular entre menses.



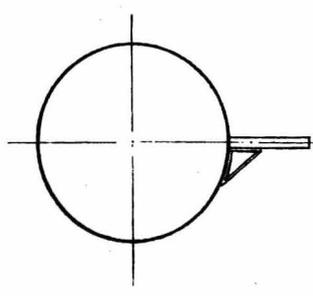
Elevación



Planta



Elevación



Planta.

Fig. 43.- Grapas para plataforma.

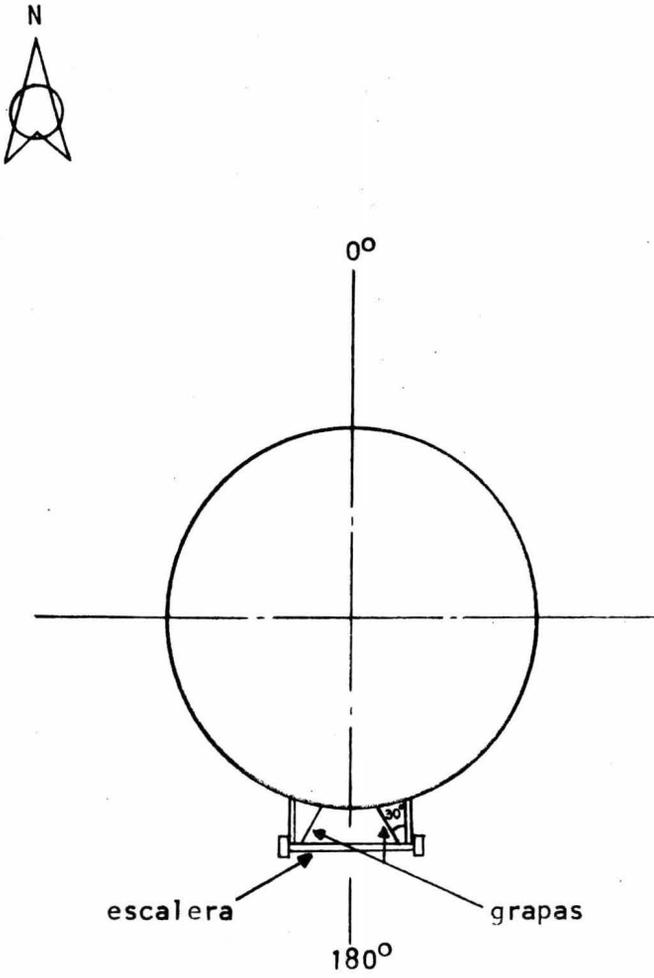
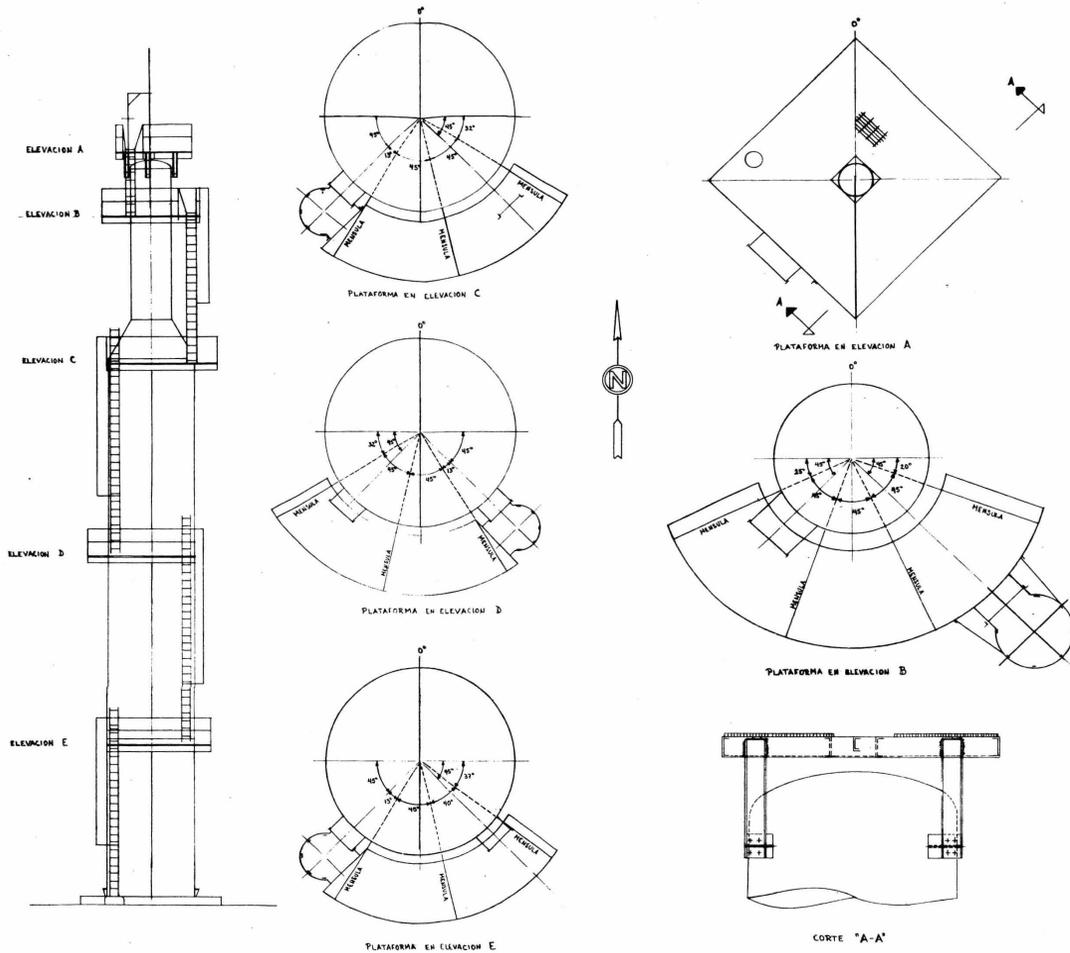


Fig. 44.- Grapas para escalera.



FACULTAD DE QUIMICA UN.A.M.  
 FIG. 45.- LOCALIZACION DE PLATAFORMAS  
 Y ESCALERAS.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RODOLFO TORRES BARRERA.  
 1976.

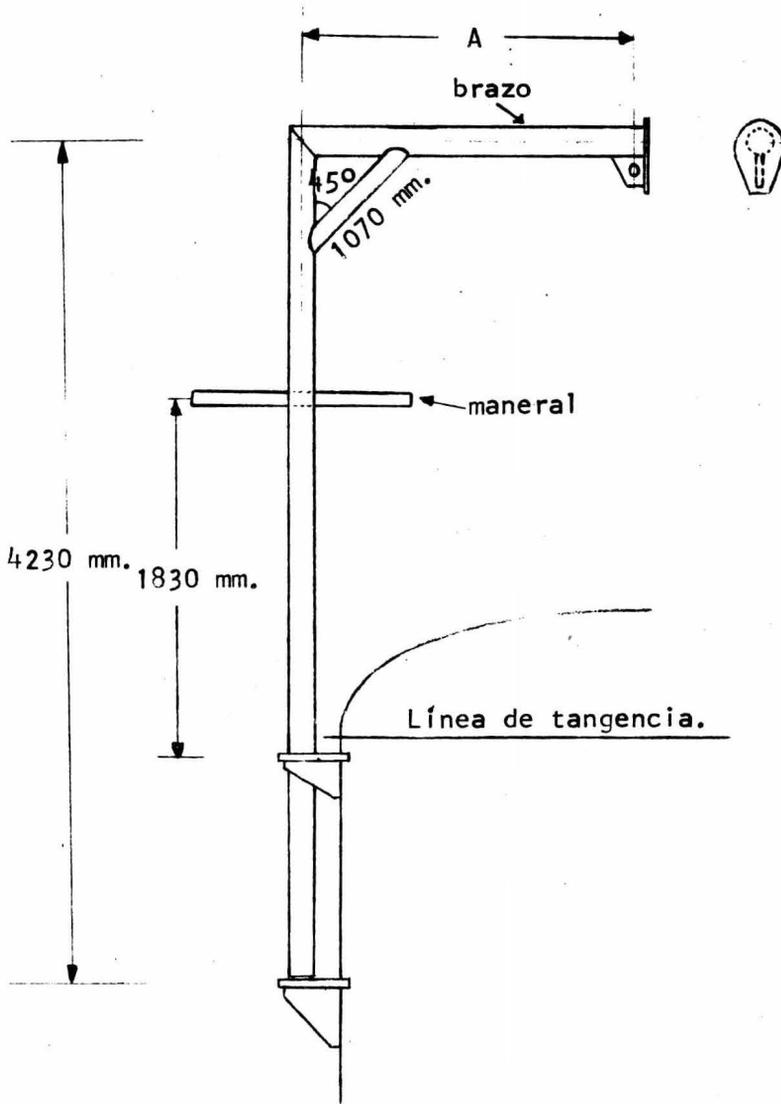


Fig. 46.- Localización del pescante.

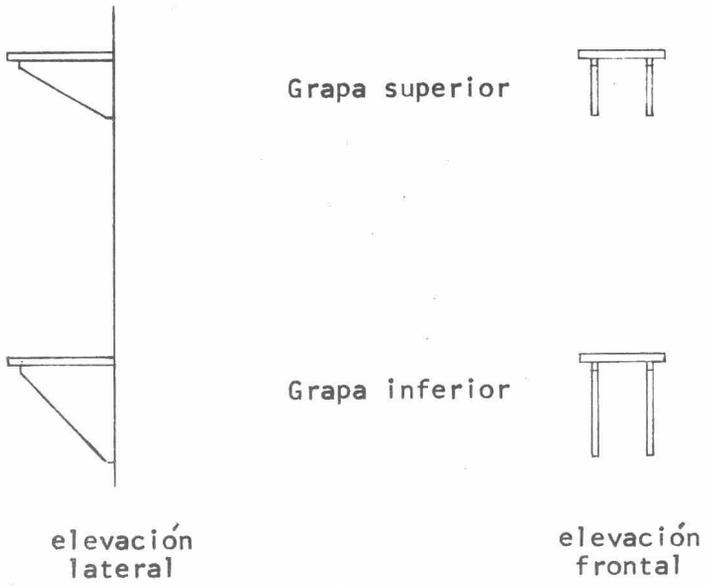


Fig. 47.- Grapas para pescante.

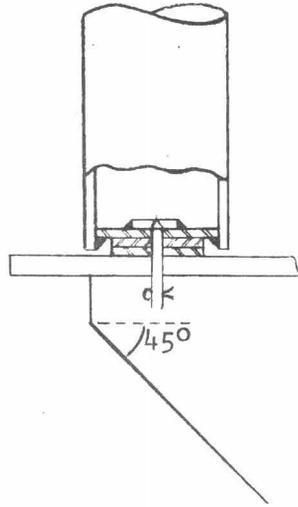


Fig. 48.- Detalle de grapa inferior  
para pescante.

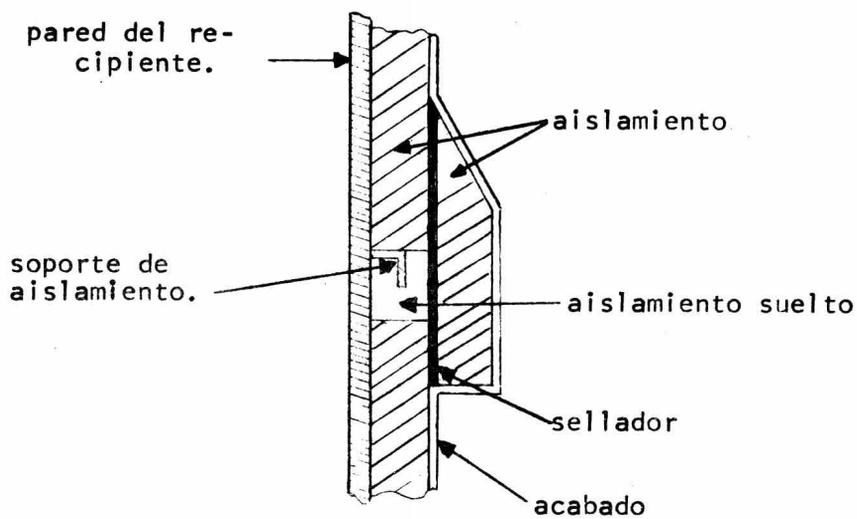


Fig. 49.- Sello para juntas de aislamiento.

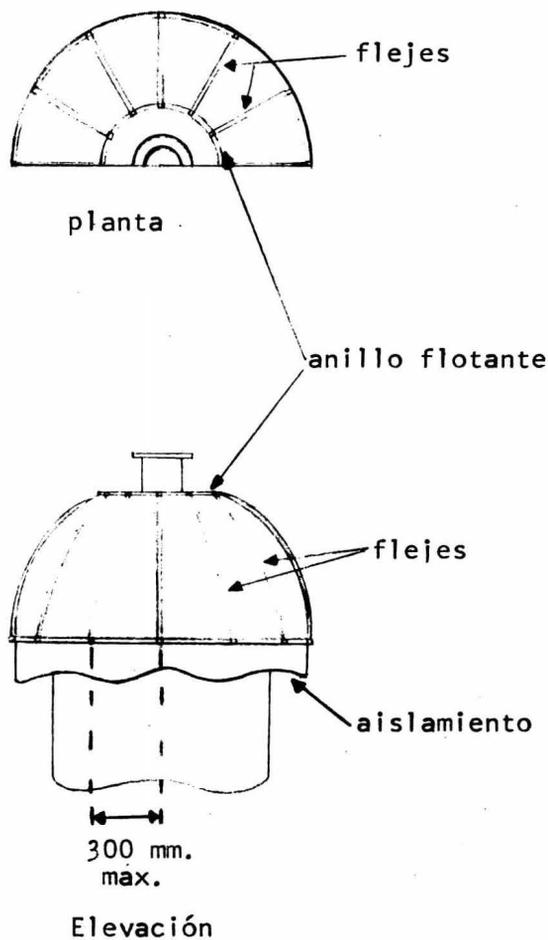
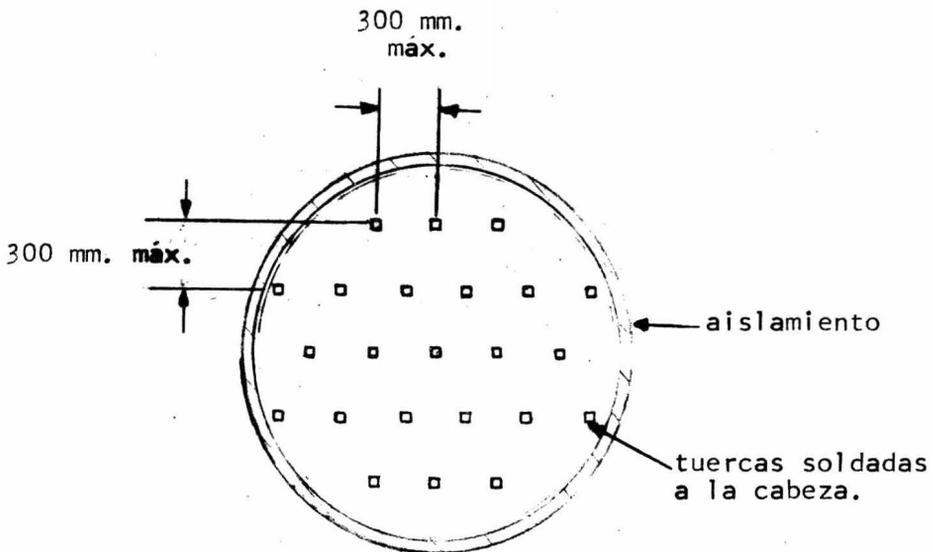
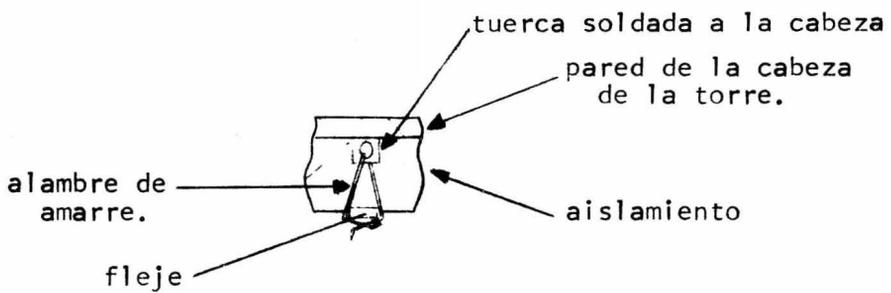


Fig. 50.- Flejes de aislamiento en la cabeza superior de la torre.



**PLANTA**

cabeza inferior de la torre  
Vista exterior.



**Elevación**

Fig. 51.- Soporte para aislamiento de la cabeza inferior de la torre.

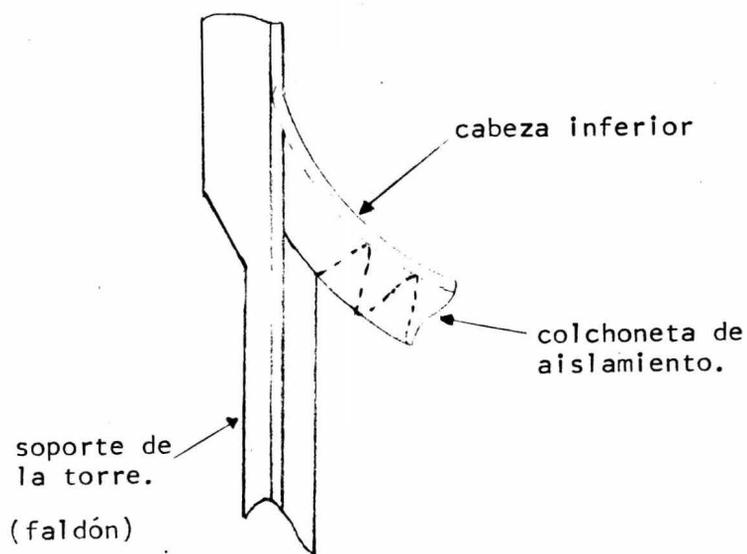


Fig. 52.- Colchonetas de aislamiento en cabeza inferior de la torre.

APENDICE DE TABLAS.

T A B L A A

---

BRIDAS ANSI PARA PRESION DE 10.5 Kg/cm<sup>2</sup> (150 lb/pulg.<sup>2</sup>)

MEDIDA NOMINAL DE LA BOQUILLA		DIAMETRO EXTERNO DE LA BRIDA		CIRCULO DE BARRENOS		NUMERO DE BARRENOS Y DIAMETRO DE LOS MISMOS.	
(Db)		(DEB)		(2p)		(N)	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
12 .70	1/2	88 .90	3 1/2	60 .32	2 3/8	4 de 15.87	4 de 5/8
19 .05	3/4	98 .42	3 7/8	69 .85	2 3/4	4 de 15.87	4 de 5/8
25 .40	1	107.95	4 1/4	79 .37	3 1/8	4 de 15.87	4 de 5/8
31 .75	1 1/4	117.47	4 5/8	88 .90	3 1/2	4 de 15.87	4 de 5/8
38 .10	1 1/2	127.00	5	98 .42	3 7/8	4 de 15.87	4 de 5/8
50 .80	2	152.40	6	120.65	4 3/4	4 de 19.05	4 de 3/4
63 .50	2 1/2	177.80	7	139.70	5 1/2	4 de 19.05	4 de 3/4
76 .20	3	190.50	7 1/2	152.40	6	4 de 19.05	4 de 3/4
88 .90	3 1/2	215.90	8 1/2	177.80	7	8 de 19.05	8 de 3/4
101.60	4	228.60	9	190.50	7 1/2	8 de 19.05	8 de 3/4
127.00	5	254.00	10	215.90	8 1/2	8 de 22.22	8 de 7/8
152.40	6	279.40	11	241.30	9 1/2	8 de 22.22	8 de 7/8
203.20	8	342.90	13 1/3	298.45	11 3/4	8 de 22.22	8 de 7/8
254.00	10	406.40	16	361.95	14 1/4	12 de 25.40	12 de 1
304.80	12	482.60	19	431.80	17	12 de 25.40	12 de 1
355.60	14	533.40	21	476.25	18 3/4	12 de 28.57	12 de 1 1/8
406.40	16	596.90	23 1/2	539.75	21 1/4	16 de 28.57	16 de 1 1/8
457.20	18	635.00	25	577.85	22 3/4	16 de 31.75	16 de 1 1/4
508.00	20	698.50	27 1/2	635.00	25	20 de 31.75	20 de 1 1/4
609.60	24	812.80	32	749.30	29 1/2	20 de 34.92	20 de 1 3/8

T A B L A B

---

BRIDAS ANSI PARA PRESION DE 21.1 Kg/cm<sup>2</sup> (300 lb/pulg<sup>2</sup>)

MEDIDA NOMINAL DE LA BOQUILLA		DIAMETRO EXTERNO DE LA BRIDA		CIRCULO DE BARRENOS		NUMERO DE BARRENOS Y DIAMETRO DE LOS MISMOS	
(Db)		(DEB)		(2b)		(N)	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
12 .70	1/2	95 .25	3 3/4	66 .67	2 5/8	4 de 15.87	4 de 5/8
19 .05	3/4	117.47	4 5/8	82 .55	3 1/4	4 de 19.05	4 de 3/4
25.40	1	123.82	4 7/8	88 .90	3 1/2	4 de 19.05	4 de 3/4
31 .75	1 1/4	133.35	5 1/4	98 .42	3 7/8	4 de 19.05	4 de 3/4
38 .10	1 1/2	155.57	6 1/8	114.30	4 1/2	4 de 22.22	4 de 7/8
50 .80	2	165.10	6 1/2	127.00	5	8 de 19.05	8 de 3/4
63 .50	2 1/2	190.50	7 1/2	149.22	5 7/8	8 de 22.22	8 de 7/8
76 .20	3	209.55	8 1/4	168.27	6 5/8	8 de 22.22	8 de 7/8
88 .90	3 1/2	228.60	9	184.15	7 1/4	8 de 22.22	8 de 7/8
101.60	4	254.00	10	200.02	7 7/8	8 de 22.22	8 de 7/8
127.00	5	279.40	11	234.95	9 1/4	8 de 22.22	8 de 7/8
152.40	6	317.50	12 1/2	269.87	10 5/8	12 de 22.22	12 de 7/8
203.20	8	381.00	15	330.20	13	12 de 25.40	12 de 1
254.00	10	444.50	17 1/2	387.35	15 1/4	16 de 28.57	16 de 1 1/8
304.80	12	520.70	20 1/2	450.85	17 3/4	16 de 31.75	16 de 1 1/4
355.60	14	584.20	23	514.35	20 1/4	20 de 31.75	20 de 1 1/4
406.40	16	647.70	25 1/2	571.50	22 1/2	20 de 34.92	20 de 1 3/8
457.20	18	711.20	28	628.25	24 3/4	24 de 34.92	24 de 1 3/8
508.00	20	774.20	30 1/2	685.80	27	24 de 34.92	24 de 1 3/8
609.60	24	914.40	36	812.80	32	24 de 41.27	24 de 1 5/8

T A B L A C

---

BRIDAS ANSI PARA PRESION DE 28.1 Kg/cm<sup>2</sup> (400 lb/pulg.<sup>2</sup>)

MEDIDA NOMINAL DE LA BOQUILLA		DIAMETRO EXTERNO DE LA BRIDA		CIRCULO DE BARRENOS		NUMERO DE BARRENOS Y DIAMETRO DE LOS MISMOS	
(Db)		(DEB)		(2p)		(N)	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
12 .70	1/2	95 .25	3 3/4	66 .67	2 5/8	4 de 15.87	4 de 5/8
19 .05	3/4	117.47	4 5/8	82 .55	3 1/4	4 de 19.05	4 de 3/4
25 .440	1	123.82	4 7/8	88 .90	3 1/2	4 de 19.05	4 de 3/4
31 .75	1 1/4	133.35	5 1/4	98 .42	3 7/8	4 de 19.05	4 de 3/4
38 .10	1 1/2	155.57	5 1/8	114.30	4 1/2	4 de 22.22	4 de 7/8
50 .80	2	165.10	6 1/2	127.00	5	8 de 19.05	8 de 3/4
63 .50	2 1/2	190.50	7 1/2	149.22	5 7/8	8 de 22.22	8 de 7/8
76 .20	3	209.55	8 1/4	168.27	6 5/8	8 de 22.22	8 de 7/8
88 .90	3 1/2	228.60	9	184.15	7 1/4	8 de 25.40	8 de 1
101.60	4	254.00	10	200.02	7 7/8	8 de 25.40	8 de 1
127.00	5	279.40	11	234.95	9 1/4	8 de 25.40	8 de 1
152.40	6	317.50	12 1/2	269.87	10 5/8	12 de 25.40	12 de 1
203.20	8	381.00	15	330.20	13	12 de 28.57	12 de 1 1/8
254.00	10	444.50	17 1/2	387.35	15 1/4	16 de 31.75	16 de 1 1/4
304.80	12	520.70	20 1/2	450.85	17 3/4	16 de 34.92	16 de 1 3/8
355.60	14	584.20	23	514.35	20 1/4	20 de 34.92	20 de 1 3/8
406.40	16	647.70	25 1/2	571.50	22 1/2	20 de 38.10	20 de 1 1/2
457.20	18	711.20	28	628.65	24 3/4	24 de 38.10	24 de 1 1/2
508.00	20	774.70	30 1/2	685.80	27	24 de 41.27	24 de 1 5/8
609.60	24	914.40	36	812.80	32	24 de 47.62	24 de 1 7/8

T A B L A D

---

BRIDAS ANSI PARA PRESION DE 42.2 Kg/cm<sup>2</sup> (600 lb/pulg.<sup>2</sup>)

MEDIDA NOMINAL DE LA BOQUILLA		DIAMETRO EXTERNO DE LA BRIDA		CIRCULO DE BARRENOS		NUMERO DE BARRENOS Y DIAMETRO DE LOS MISMOS	
(Db)		(DEB)		(2p)		(N)	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
12 .70	1/2	95 .25	3 3/4	66 .67	2 5/8	4 de 15.87	4 de 5/8
19 .05	3/4	117.47	4 5/8	82 .55	3 1/4	4 de 19.05	4 de 3/4
25 .40	1	123.82	4 7/8	88 .90	3 1/2	4 de 19.05	4 de 3/4
31 .75	1 1/4	133.35	5 1/4	98 .42	3 7/8	4 de 19.05	4 de 3/4
38 .10	1 1/2	155.57	6 1/8	114.30	4 1/2	4 de 22.22	4 de 7/8
50 .80	2	165.10	6 1/2	127.00	5	8 de 19.05	8 de 3/4
63 .50	2 1/2	190.50	7 1/2	149.22	5 7/8	8 de 22.22	8 de 7/8
76 .20	3	209.55	8 1/4	168.27	6 5/8	8 de 22.22	8 de 7/8
88 .90	3 1/2	228.60	9	184.15	7 1/4	8 de 25.40	8 de 1
101.60	4	273.05	10 3/4	215.90	8 1/2	8 de 25.40	8 de 1
127.00	5	330.20	13	266.70	10 1/2	8 de 28.57	8 de 1 1/8
152.40	6	355.60	14	292.10	11 1/2	12 de 28.57	12 de 1 1/8
203.20	8	419.10	16 1/2	349.25	13 3/4	12 de 31.75	12 de 1 1/4
254.00	10	508.00	20	431.80	17	16 de 34.92	16 de 1 3/8
304.80	12	558.80	22	488.95	19 1/4	20 de 34.92	20 de 1 3/8
355.60	14	603.25	23 3/4	527.05	20 3/4	20 de 38.10	20 de 1 1/2
406.40	16	685.80	27	603.25	23 3/4	20 de 41.27	20 de 1 5/8
457.20	18	742.95	29 1/4	654.05	25 3/4	20 de 44.45	20 de 1 3/4
508.00	20	812.80	32	723.90	28 1/2	24 de 44.45	24 de 1 3/4
609.60	24	939.80	37	838.20	33	24 de 50.80	24 de 2

T A B L A E

---

BRIDAS ANSI PARA PRESION DE 63.27 Kg/cm<sup>2</sup> (900 lb/pulg<sup>2</sup>)

MEDIDA NOMINAL DE LA BOQUILLA		DIAMETRO EXTERNO DE LA BRIDA		CIRCULO DE BARRENOS		NUMERO DE BARRENOS Y DIAMETRO DE LOS MISMOS	
(Db)		(DEB)		(2p)		(N)	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
12 .70	1/2	120.65	4 3/4	82 .55	3 1/4	4 de 22.22	4 de 7/8
19 .05	3/4	130.17	5 1/8	88 .90	3 1/2	4 de 22.22	4 de 7/8
25 .40	1	149.22	5 7/8	101.60	4	4 de 25.40	4 de 1
31 .75	1 1/4	158.75	6 1/4	111.12	4 3/8	4 de 25.40	4 de 1
38 .10	1 1/2	177.80	7	123.82	4 7/8	4 de 28.57	4 de 1 1/8
50 .80	2	215.90	8 1/2	165.10	6 1/2	8 de 25.40	8 de 1
63 .50	2 1/2	244.47	9 5/8	190.50	7 1/2	8 de 28.57	8 de 1 1/8
76 .20	3	241.30	9 1/2	190.50	7 1/2	8 de 25.40	8 de 1
88 .90	3 1/2						
101.60	4	292.10	11 1/2	234.95	9 1/4	8 de 31.75	8 de 1 1/4
127.00	5	349.25	13 3/4	279.40	11	8 de 34.92	8 de 1 3/8
152.40	6	381.00	15	317.50	12 1/2	12 de 31.75	12 de 1 1/4
203.20	8	469.90	18 1/2	393.70	15 1/2	12 de 38.10	12 de 1 1/2
254.00	10	546.10	21 1/2	469.90	18 1/2	16 de 38.10	16 de 1 1/2
304.80	12	609.60	24	533.40	21	20 de 38.10	20 de 1 1/2
355.60	14	641.35	25 1/4	558.80	22	20 de 41.27	20 de 1 5/8
406.40	16	704.85	27 3/4	615.95	24 1/4	20 de 44.45	20 de 1 3/4
457.20	18	782.40	31	685.80	27	20 de 50.80	20 de 2
508.00	20	857.25	33 3/4	749.30	29 1/2	20 de 53.97	20 de 2 1/8
609.60	24	1041.40	41	901.70	35 1/2	20 de 66.67	20 de 2 5/8

T A B L A F

---

MEDIDA NOMINAL DE BOQUILLA (Db)		DISTANCIA DE LA ENVOLVENTE A LA CARA EXTERNA DE LA - BRIDA (R)		DIAMETRO EXTERIOR DE REFUERZO (DR)  DR=2Db	
mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
38 .10	1 1/2	152.40	6	76 .20	3
50 .80	2	152.40	6	101.60	4
76 .20	3	152.40	6	152.40	6
101.60	4	152.40	6	203.20	8
152.40	6	203.20	8	304.80	12
203.20	8	203.20	8	406.40	16
254.00	10	254.00	10	508.00	20
304.80	12	254.00	10	609.60	24
355.60	14	254.00	10	711.20	28
406.40	16	254.00	10	812.80	32
457.20	18	254.00	10	914.40	36
508.00	20	254.00	10	1016.00	40

T A B L A G

Db (pulg.)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	Db (pulg.)
24	20 7/8	21 5/16	21 7/16	21 5/8	22 1/16	22 1/4	22 3/4	23 1/8	23 1/2	24	24 1/2	25 1/4	26 1/2	27 3/4	29 1/4	30 1/2	31 3/4	33	34 1/4	37	24
20	18 1/8	18 9/16	18 11/16	18 7/8	19 5/16	19 1/2	20	20 3/8	20 3/4	21 1/4	21 3/4	22 1/2	23 3/4	25	26 1/2	27 3/4	29	30 1/4	31 1/2	34 1/4	20
18	16 7/8	17 5/16	17 7/16	17 5/8	18 1/16	18 1/4	18 3/4	19 1/8	19 1/2	20	20 1/2	21 1/4	22 1/2	23 3/4	25 1/4	26 1/2	27 3/4	29	30 1/4	33	18
16	15 5/8	16 1/16	16 3/16	16 3/8	16 13/16	17	17 1/2	17 7/8	18 1/4	18 3/4	19 1/4	20	21 1/4	22 1/2	24	25 1/4	26 1/2	27 3/4	29	31 3/4	16
14	14 3/8	14 13/16	14 15/16	15 1/8	15 9/16	15 3/4	16 1/4	16 5/8	17	17 1/2	18	18 3/4	20	21 1/4	22 3/4	24	25 1/4	26 1/2	27 3/4	30 1/2	14
12	13 1/8	13 9/16	13 11/16	13 7/8	14 15/16	14 1/2	15	15 3/8	15 3/4	16 1/4	16 3/4	17 1/2	18 3/4	20	21 1/2	22 3/4	24	25 1/4	26 1/2	29 1/4	12
10	11 5/8	12 1/16	12 3/16	12 3/8	12 12/16	13	13 1/2	13 7/8	14 1/4	14 3/4	15 1/4	16	17 1/4	18 1/2	20	21 1/4	22 1/2	23 3/4	25	27 3/4	10
8	10 3/8	10 13/16	10 15/16	11 1/8	11 9/16	11 3/4	12 1/4	12 5/8	12	13 1/2	14	14 3/4	16	17 1/4	18 3/4	20	21 1/4	22 1/2	23 3/4	26 1/2	8
6	9 1/8	9 9/16	9 11/16	9 7/8	10 5/16	10 1/2	11	11 3/8	11 3/4	12 1/4	12 3/4	13 1/2	14 3/4	16	17 1/2	18 3/4	20	21 1/4	22 1/2	25 1/4	6
5	8 3/8	8 13/16	8 15/16	9 1/8	9 9/16	9 3/4	10 1/4	10 5/8	11	11 1/2	12	12 3/4	14	15 1/4	16 3/4	18	19 1/4	20 1/2	21 3/4	24 1/2	5
4	7 7/8	8 5/16	8 7/16	8 5/8	9 1/16	9 1/4	9 3/4	10 1/8	10 1/2	11	11 1/2	12 1/4	13 1/2	14 3/4	16 1/4	17 1/2	18 3/4	20	21 1/4	24	4
3 1/2	7 3/8	7 13/16	7 15/16	8 1/8	8 9/16	8 3/4	9 1/4	9 5/8	10	10 1/2	11	11 3/4	13	14 1/4	15 3/4	17	18 1/4	19 1/2	20 3/4	23 1/2	3 1/2
3	7	7 7/16	7 9/16	7 3/4	8 3/16	8 3/8	8 7/8	9 1/4	9 5/8	10 1/8	10 5/8	11 3/8	12 5/8	13 7/8	15 3/8	16 5/8	17 7/8	19 1/8	20 3/8	23 1/8	3
2 1/2	6 5/8	7 1/16	7 3/16	7 3/8	7 13/16	8	8 1/2	8 7/8	9 1/4	9 3/4	10 1/4	11	12 1/4	13 1/2	15	16 1/4	17 1/2	18 3/4	20	22 3/4	2 1/2
2	6 1/8	6 9/16	6 11/16	6 7/8	7 5/16	7 1/2	8	8 3/8	8 3/4	9 1/4	9 3/4	10 1/2	11 3/4	13	14 1/2	15 3/4	17	18 1/4	10 1/2	22 1/4	2
1 1/2	5 15/16	6 3/8	6 1/2	6 11/16	7 1/8	7 5/16	7 13/16	8 3/16	8 9/16	9 1/16	9 9/16	10 1/16	11 9/16	12 13/16	14 5/16	15 9/16	16 13/16	18 1/16	19 6/16	22 1/16	1 1/2
1 1/4	5 1/2	5 15/16	6 1/16	6 1/4	6 11/16	6 7/8	7 3/8	7 3/4	8 1/8	8 5/8	9 1/8	9 7/8	11 1/8	12 3/8	13 7/8	15 1/8	16 3/8	17 5/8	18 7/8	21 5/8	1 1/4
1	5 5/16	5 3/4	5 7/8	6 1/16	6 1/2	6 11/16	7 3/16	7 9/16	7 15/16	8 7/16	8 15/16	9 11/16	10 15/16	12 3/16	13 11/16	14 15/16	16 3/16	17 7/16	18 11/16	21 7/16	1
3/4	5 3/16	5 5/8	5 3/4	5 15/16	6 3/8	6 9/16	7 1/16	7 7/16	7 13/16	8 5/16	8 13/16	9 9/16	10 13/16	12 1/16	13 9/16	14 13/16	16 1/16	17 5/16	18 9/16	21 5/16	3/4
1/2	4 3/4	5 3/16	5 5/16	5 1/2	5 15/16	6 1/8	6 5/8	7	7 3/8	7 7/8	8 3/8	9 1/8	10 3/8	11 5/8	13 1/8	14 3/8	15 5/8	16 7/8	18 1/8	20 7/8	1/2
Db (pulg.)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	Db (pulg.)

		T A B L A H																					
Db (pulg.)		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	Db (pulg.)	
24	25	1/2	25 3/4	26	26 1/4	26 1/2	27	27 1/2	28	28 1/2	29	30	31	33	35	37	39	41	43	45	49	24	
20	21	1/2	21 3/4	22	22 1/4	22 1/2	23	23 1/2	24	24 1/2	25	26	27	29	31	33	35	37	39	41	45	20	
18	19	1/2	19 3/4	20	20 1/4	20 1/2	21	21 1/2	22	22 1/2	23	24	25	27	29	31	33	35	37	39	43	18	
16	17	1/2	17 3/4	18	18 1/4	18 1/2	19	19 1/2	20	20 1/2	21	22	23	25	27	29	31	33	35	37	41	16	
14	15	1/2	15 3/4	16	16 1/4	16 1/2	17	17 1/2	18	18 1/2	19	20	21	23	25	27	29	31	33	35	39	14	
12	13	1/2	13 3/4	14	14 1/4	14 1/2	15	15 1/2	16	16 1/2	17	18	19	21	23	25	27	29	31	33	37	12	
10	11	1/2	11 3/4	12	12 1/4	12 1/2	13	13 1/2	14	14 1/2	15	16	17	19	21	23	25	27	29	31	35	10	
8	9	1/2	9 3/4	10	10 1/4	10 1/2	11	11 1/2	12	12 1/2	13	14	15	17	19	21	23	25	27	29	33	8	
6	7	1/2	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	12	13	15	17	19	21	23	25	27	31	6	
5	6	1/2	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26	30	5	
4	5	1/2	5 3/4	6	6 1/4	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	10	11	13	15	17	19	21	23	25	29	4	
3 1/2	5	5	5 1/4	5 1/2	5 3/4	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9 1/2	10 1/2	12 1/2	14 1/2	16 1/2	18 1/2	20 1/2	22 1/2	24 1/2	28 1/2	3 1/2	
3	4	1/2	4 3/4	5	5 1/4	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	28	3	
2 1/2	4	4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8 1/2	9 1/2	11 1/2	13 1/2	15 1/2	17 1/2	19 1/2	21 1/2	23 1/2	27 1/2	2 1/2	
2	3	1/2	3 3/4	4	4 1/4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	8	9	11	13	15	17	19	21	23	27	2	
1 1/2	3	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7 1/2	8 1/2	10 1/2	12 1/2	14 1/2	16 1/2	18 1/2	20 1/2	22 1/2	26 1/2	1 1/2	
1 1/4	2	3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4 1/4	4 3/4	5 1/4	5 3/4	6 1/4	7 1/4	8 1/4	10 1/4	12 1/4	14 1/4	16 1/4	18 1/4	20 1/4	22 1/4	26 1/4	1 1/4	
1	2	1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	26	1	
3/4	2	1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 3/4	4 1/4	4 3/4	5 1/4	5 3/4	6 3/4	7 3/4	9 3/4	11 3/4	13 3/4	15 3/4	17 3/4	19 3/4	21 3/4	25 3/4	3/4	
1/2	2	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6 1/2	7 1/2	9 1/2	11 1/2	13 1/2	15 1/2	17 1/2	19 1/2	21 1/2	25 1/2	1/2	
Db (pulg.)		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	Db (pulg.)	

Espaciado Longitudinal Mínimo entre refuerzos (pulg.)

T A B L A I

---

Db	Dc/2	(DR/2)+ 1"	(DEB/2) + 1/2"					Db
			0.5Kg/cm <sup>2</sup> (150 lb/ pulg <sup>2</sup> )	21.1 Kg/ cm <sup>2</sup> (300 lb/pulg <sup>2</sup> )	28.1 Kg/ cm <sup>2</sup> (400 lb/pulg <sup>2</sup> )	42.2 Kg/ cm <sup>2</sup> (600 lb/pulg <sup>2</sup> )	63.27 Kg/ cm <sup>2</sup> (900 lb/pulg <sup>2</sup> )	
(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)	(pulg.)
1/2	7/16	1 1/2	2 1/4	2 3/8	2 3/8	2 3/8	2 7/8	1/2
3/4	1/2	1 3/4	2 7/16	2 13/16	2 13/16	2 13/16	3 1/16	3/4
1	11/16	2	2 5/8	2 15/16	2 15/16	2 15/16	3 7/16	1
1 1/4	7/8	2 1/4	2 13/16	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	1 1/4
1 1/2	1	2 1/2	3	3 9/16	3 9/16	3 9/16	4	1 1/2
2	1 3/16	3	3 1/2	3 3/4	3 3/4	3 3/4	4 3/4	2
2 1/2	1 7/16	3 1/2	4	4 1/4	4 1/4	4 1/4	5 5/16	2 1/2
3	1 3/4	4	4 1/4	4 5/8	4 5/8	4 5/8	5 1/4	3
3 1/2	2	4 1/2	4 3/4	5	5	5	-----	3 1/2
4	2 1/4	5	5	5 1/2	5 1/2	5 7/8	6 1/4	4
5	2 3/4	6	5 1/2	6	6	7	7 3/8	5
6	3 5/16	7	6	6 3/4	6 3/4	7 1/2	8	6
8	5 5/16	9	7 1/4	8	8	8 3/4	9 3/4	8
10	5 3/8	11	8 1/2	9 1/4	9 1/4	10 1/2	11 1/4	10
12	6 3/8	13	10	10 3/4	10 3/4	11 1/2	12 1/2	12
14	7	15	11	12	12	12 3/8	13 1/8	14
16	8	17	12 1/4	13 1/4	13 1/4	14	14 3/8	16
18	9	19	13	14 1/2	14 1/2	15 1/8	16	18
20	10	21	14 1/4	15 3/4	15 3/4	16 1/2	17 3/8	20
24	12	25	16 1/2	18 1/2	18 1/2	19	21	24

T A B L A J

---

SELECCION DE PESCANTES.

Diámetro mm.	Cédula	Diámetro "A" máxima mm.	Capacidad de car- ga máxima. mm.
102	40	1651	180
102	80	2286	180
102	120	2845	180
102	40	660	360
102	80	991	360
102	120	737	545
152	40	1422	545
152	80	2184	545
152	120	2743	545
152	40	991	725
152	80	1549	725
152	120	1981	725

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

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

## Revistas:

- 1.- Interest, E. Practical Limitations on Tray Design. Chemical Engineering. Vol. 78 No. 11 Pags. 167-170 (1971)
- 2.- Kern, R.H. How to design piping for reboiler systems Chemical Engineering No. 8 Pags. 107-113 (1975)
- 3.- Kitterman, L. and Ross, M. Tray Guides to Avoid Tower Problems. Hydrocarbon Processing Vol. 46 No. 5 Pags. 216-220 (1967)
- 4.- Masek, J.A. Thermowell Design For Process Piping, - Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner. Part I Vol. 43 No. 2 Pags. 139-142 (1964)
- 5.- Masek, J.A. Thermowell Design For Process Piping. - Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, Part II Vol. 43 No. 3 Pags. 119-124 (1964)
- 6.- Masek, J.A. Where to Locate Thermowells. Hydrocarbon Processing. Vol. 51 No. 4 Pags. 147-151 (1972)
- 7.- Smith, V.C. and Delnicky, W.C. Optimum Sieve Tray - Design. Chemical Engineering Progress. Vol. 71 No.8 Pags. 68-73 (1975)
- 8.- Sood, P. Nozzle Reinforcement Design. Hydrocarbon - Processing. Vol 50 No. 8 Pags. 139-141 (1971)

**Libros:**

- 1.- ASME Boiler and Pressure Vessel Code  
Section VIII  
Division I  
The American Society of Mechanical Engineers United  
Engineering Center.  
N. Y. (1971)
- 2.- Brownell, L.E. and Young, E.H.  
Process Equipment Design  
John Wiley and Sons Co. Inc.  
London (1959)
- 3.- Ludwig, E. E.  
Applied Process Design for Chemical and Petrochemical  
Plants  
Volume II  
Pags. 50-115  
Gulf Publishing Company  
Houston, Texas (1964)
- 4.- Tubertun Catalog 311  
A Division of National Cylinder Gas Company  
Pags. 124-179  
Louisville, Kentucky (1954)
- 5.- Wookey, B. D.  
Piping Handbook  
Gulf Publishing Company  
Houston, Texas (1968)

**Especificaciones del Instituto Mexicano del Petróleo.**

- 1.- Especificación L-202  
Materiales y su aplicación para Aislamiento Térmico en  
Sistemas de Alta Temperatura  
Pags. 1-36  
México, D. F. (Noviembre 1973)

2.- Especificación L-203

Materiales y su Aplicación para Aislamiento Térmico en  
Sistemas de Baja Temperatura.

Pags. 1-32

México, D. F. (Mayo 1972)