



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

Dimensionamiento de Sistemas de
Relevo de Presión.

403

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

RAÚL CARLOS RUIZ VALVERDE



403

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Tesi
NOME _____
ANO _____
PÁGINA _____
PRIMEIRA _____
SEGUNDA _____

~~381~~ 381



GUINÉIA

JURADO ASIG
NADO ORIGI-
NALMENTE SE
GUN EL TEMA.

PRESIDENTE Prof. Adalberto Tirado A.
VOCAL Prof. Roberto Andrade C.
SECRETARIO Prof. Alfonso Mondragón M.
1er. SUPLENTE Prof. Claudio A. Aguilar M.
2do. SUPLENTE Prof. Guillermo Alcayde L.

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA Instituto Mexica
no del Petróleo.

Nombre completo y firma del sustentante: Raul Carlos
Ruíz Valverde.

Nombre completo y firma del asesor del tema: Ing. -
Roberto Andrade Cruz.

CON PROFUNDO CARIÑO:

A MIS PADRES

RAUL RUIZ VERDUGO

OFELIA VALVERDE A. DE RUIZ

A OLGA ISABEL CUILTY S.

A TODOS MIS FAMILIARES

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE GENERACION 71-75

A TODOS MIS HERMANOS:

TIRSO, ELVIRA, ENRIQUE, CARMELA, RAUL
RICARDO, TERE, GERARDO, PATRICIA y COQUIS.

CON PROFUNDA ADMIRACION:

A TODOS MIS MAESTROS EN ESPECIAL
AL PROFR. ING. ROBERTO ANDRADE
CRUZ.

CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO:

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO.

C O N T E N I D O

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
DISPOSITIVOS DE RELEVO	4
CAPITULO II	
CODIGOS APLICABLES	15
CAPITULO III	
CAUSAS DE RELEVO Y DETERMINACION DE CANTI- DADES A RELEVAR.....	20
CAPITULO IV	
METODO DE CALCULO PARA DISPOSITIVOS DE RELEVO..	29
CAPITULO V	
METODO DE CALCULO PARA CABEZALES DE RECOLEC- CION.....	37
CAPITULO VI	
METODO DE CALCULO PARA TANQUES SEPARADORES ...	48
CAPITULO VII	
METODO DE CALCULO PARA EL QUEMADOR	55

CAPITULO VIII

DETERMINACION DE PERFILES DE TEMPERATURA 67

CAPITULO IX

COSTOS EN SISTEMAS DE RELEVO 70

CAPITULO X

MATERIALES DE CONSTRUCCION 77

CONCLUSIONES 79

BIBLIOGRAFIA 80

INTRODUCCION.

Debido a que actualmente no se cuenta con la existencia de un método científico para el dimensionamiento de un sistema de relevo de presión, no obstante el que existan estudios relativos aún no se llega a una conclusión concreta, por lo que este trabajo tratará de conjuntar dichos estudios -- con el principal propósito de dar una idea y servir de guía para la selección, diseño y métodos de cálculo para dichos sistemas.

Un sistema de relevo de presión tiene como objeto principal, la protección del equipo y consecuentemente la protección del personal en la operación de un proceso dado.

En la elaboración del diseño de una planta es impracticable diseñar el equipo de proceso para todas las condiciones posibles que puedan causar operaciones anormales, por lo cual la manera más práctica de proteger este equipo es por medio de un sistema de relevo de presión, compuesto de válvulas de seguridad, válvulas de control, discos de ruptura etc.

La necesidad de estos sistemas surge por dos razones importantes.

- 1). Exposición del equipo a fuego.
- 2). Falla operacional.

La primera de ellas se explica por sí sola -- mientras que la segunda es ocasionada por el mal funcionamiento de alguno de los componentes del --

proceso, y que puede involucrar alguna de las siguientes condiciones.

- 1). Exposición de equipo o tubería a una fuente de calor externa.
- 2). Una falla de operación conducente a generar vapor en cantidades superiores a las que el sistema de control pueda manejar.
- 3). Un bloqueo en la operación causada por falla de control o error manual.
- 4). Falla de los dispositivos de control de presión, (que puede ser debido a falla mecánica o falta de señal al instrumento ya sea eléctrico o neumático).
- 5). Un desbalance de calor en el proceso, resultando una generación de vapor anormal no anticipada.
- 6). Expansión hidráulica debido a un calentamiento, en algunos casos enfriamiento del líquido que ha sido bloqueado o que se encuentra en un sistema cerrado.
- 7). Introducción accidental de vapor a material altamente volátil en algún punto donde el calor pueda causar una generación más alta de vapores a aquella que el sistema de control pueda manejar.
- 8). Reacción química con suficiente liberación de calor o gas en cantidades no previstas en operación normal, (disparamiento de una reacción).

- 9). Sobrellenado de algún equipo debido a falla me cánica de dispositivos normales de seguridad, mal funcionamiento del control normal o error en operación manual.

Estas condiciones deben ser consideradas para cumplir los requisitos del buen funcionamiento de un sistema de relevo de presión.

CAPITULO NO. I

DISPOSITIVOS DE RELEVO. }

El primero de los problemas que se encuentran al tratar de hacer una descripción de los dispositivos de relevo existentes es el de la terminología usada de los siguientes conceptos, seguridad relevo y relevo-seguridad ya que se encuentran contenidos dentro de los dispositivos de relevo:

- 1). Válvulas de relevo.
- 2). Válvulas de seguridad.
- 3). Válvulas de relevo-seguridad convencionales o balanceadas.
- 4). Válvulas de relevo-seguridad operadas por medio de piloto.
- 5). Discos de ruptura.

- 1). La válvula de relevo.- Es un dispositivo automático para relevar presión el cual actúa por medio de una presión estática desarrollada en el interior de la válvula y la cual abre en proporción directa al incremento de presión - que se tenga la cual se usa principalmente para el servicio de líquidos.
- 2). La válvula de seguridad.- Es también un dispositivo automático que releva presiones, el -- cual actúa de igual manera que el anterior - por medio de una presión estática desarrollada en el interior de la válvula y cuya carac-

terística es que a diferencia de la anterior abre totalmente al presentarse un incremento en la presión a relevar, este tipo de válvula es utilizada para servicios de gas, vapor o aire.

- 3). Las válvulas de relevo-seguridad.- Son también dispositivos automáticos para relevar presiones y operan de idéntica manera que las descritas anteriormente, las cuales tienen como característica principal que se pueden usar tanto como válvulas de relevo, que como válvulas de seguridad según sea el caso.

Dentro de las válvulas descritas anteriormente, se tienen dos categorías principales.

- A). Convencionales.- Las que son afectadas por la contrapresión.
- B). Balanceadas.- Las que no son afectadas grandemente por la contrapresión.

LA CONTRAPRESION.

La contrapresión puede ser:

- 1a). Una presión continua en la descarga y llamada superimpuesta.
- 2a). Una presión formada por la misma descarga -- del fluido relevado en la boquilla de salida.
- 1a). Esta presión afecta en forma importante al tipo de válvula convencional, pues altera el valor de la presión de relevo; dependiendo el sentido de la alteración de la construc--

ción de la válvula mientras que no afecta a la válvula tipo balanceada.

- 2a). Esta presión creada por la descarga del flujo afecta la capacidad de descarga de cualquiera de los dos tipos de válvulas, aunque en una relación diferente ya que en las válvulas convencionales, cuando esta contrapresión alcanza un 10% de la presión de relevo la válvula es marcadamente afectada, mientras que las válvulas balanceadas pueden mantener sus capacidades de descarga hasta que la contrapresión alcance un valor aproximado al 40 o 50% de la presión de relevo.

Consecuentemente el uso de válvulas balanceadas permite tolerar contrapresiones mayores y por lo tanto cabezales de menor tamaño como se verá en el capítulo de (Método de cálculo para cabezales de recolección).

También es importante el describir en este capítulo, el hecho de que debido al tipo de construcción en las válvulas específicamente cuando se tiene el bonete venteado o no venteado representa un incremento o decremento en la presión de relevo debido a la contrapresión, este efecto se observa sólo en las convencionales.

Las figuras (1.1) y (1.2) describen gráficamente lo antes dicho.

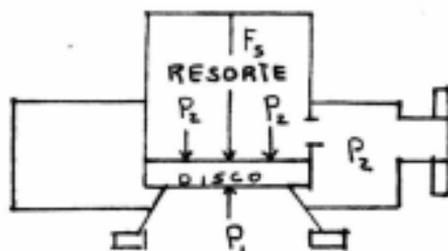


FIG. (1.1) BONETE NO VEN-
TEADO

$$P_1 A_1 = F_s + P_2 A_n$$

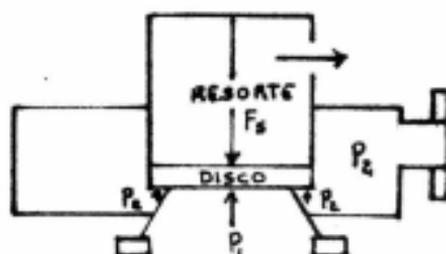


FIG. (1.2) BONETE VEN-
TEADO

$$P_1 A_n = F_s - P_2 (A_D - A_n)$$

DONDE:

P_1 = PRESION DE RELEVO

P_2 = CONTRAPRESION

F_s = FUERZA DEL RESORTE

A_n = AREA DE LA BOQUILLA

A_D = AREA DEL DISCO

A_g = AREA DE LOS FUELLES

Ahora bien cual es la razón de que esto no ocurra si la válvula es balanceada.

Básicamente la diferencia estriba en que en las balanceadas por ejemplo una válvula de fuelles balanceados la proporción de los fuelles son tales que el área abierta a la atmósfera es igual a el área efectiva del disco el cual está expuesto a la presión del proceso, teóricamente esto elimina cualquier efecto de la contrapresión, y ya se expuso anteriormente que solo se ve afectada la capacidad cuando la contrapresión alcanza de un 40 a 50% de la presión de relevo.

La figura (1.3) describe gráficamente lo anterior.

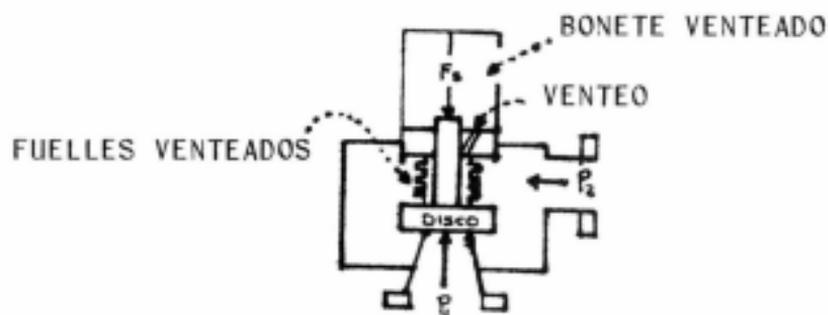


FIG. (1.3)

- 4). Válvulas de relevo-seguridad operadas con piloto.- Existen además otro tipo de válvulas de relevo-seguridad; las llamadas operadas por medio de piloto; las cuales continen un dispositivo interconectado a la válvula principal y el principio de funcionamiento es el siguiente; un pistón diferencial en la válvula principal es cargado por medio de un orificio que recibe la presión del proceso, el resorte cargado de la válvula piloto abre cuando se alcanza la presión de relevo, esta presión es entonces venteadada por encima del pistón de la válvula principal permitiendo así abrir dicho pistón, cuando la presión se abate abajo de la presión de relevo la válvula piloto cierra y el sistema lleno de presión es inmediatamente desviada para el domo de la válvula principal, y el pistón de la válvula principal se mueve hacia abajo cerrando así ésta.

Una parte importante en este capítulo que describe a los dispositivos de relevo de presión es la que se refiere a que existe una estandarización en los tamaños de orificio (api std. 526), para las válvulas de relevo-seguridad.

Esta estandarización se hizo por medio de letras por lo que a cada tamaño se le asignó una letra a continuación se presenta la siguiente tabla la cual ilustra lo antes dicho. Tabla (1-A)

Por último, generalmente existen formatos u hojas de especificaciones para las válvulas de relevo, estas hojas surgen, debido a que en los departamentos de sistemas tanto de las firmas de Ingeniería como de los Institutos que existen al servicio de la Industria Química se necesita especificar en el momento de elaborar las requisiciones correspondientes, las cuales son entregadas al fabricante o proveedores.

En la parte final de este capítulo se presenta una hoja de especificaciones típicas en la cual como anteriormente se dijo, se especifican materiales, observaciones, descripciones de la válvula, - datos sobre el tipo de proceso, incluyendo cálculos.

Proyecto No. _____

No. de unidades 1
Página 1 de 1 Páginas

ESPECIFICACIONES DE LA VALVULA DE RELEVO

DESCRIPCION

Marca () Modelo () Estándar o balanceado Estándar
 Tamaño (entrada x no. de orificio x salida) 4 X L X 6 Fase Vapor
 Presión de Relevo¹ 75 (psig.) 347°F contrapresión total 0 Psig
 área del orificio reducida 2.02 in² área del orificio seleccionado 2.85 in²
 accesorios² TAPA ROSCADA

boquilla de entrada: presión; tamaño 250 # - 4" cubierta realzada
 boquilla de salida: presión; tamaño 125 # - 6 cubierta realzada
 rango del fabricante _____ Psig(max.) 450°F; 25# salida
 psig (min.) 300°F

1 Se refiere a la presión de relevo del recipiente inicial

2 Se refiere al tipo de tapa

MATERIALES

Cuerpo y borte _____ Asientos bronce
 boquilla y disco BRONCE fuelles no hay
 resorte acero al carbón, cadmio plateado o equivalente

OBSERVACIONES

Se usará válvula de tres vías (si) (no) NO

DATOS SOBRE EL TIPO DE PROCESO

Localización sobre el casco del evaporador
 Fluido P.D.C. FLUJO basado sobre operaciones presión de relevo basada en máxima presión del recipiente
 presión de operación del sistema 60 Psig 347°F
 capacidad requerida 22,500 lbs/hr. 347°F Fase _____
 Densidad⁺ _____ lb/ft³ Viscosidad del líquido⁺ _____
 Sobrepresión 10% Factor de corrección para la contrapresión _____

⁺Se refiere a las propiedades calculadas a la presión de relevo

CALCULOS

$$W = 0.97 \text{ CAP } (M/ZT)^{1/2}$$

datos reales para C_p/C_v no disponibles; se uso $K = 1.001$ y $C = 315$
 $Z = 1.0$

$$P \text{ (a las condiciones de relevo)} = (75) (1.10) + 14.7 = 97.2 \text{ Psia}$$

$$T = 347 + 460 = 807^{\circ}\text{R}$$

$$22,500 = 0.97 (315) (A) (97.2) (113.5/LX807)^{1/2}$$

$$A = 2.02 \text{ in}^2$$

Elaboró: _____ Checó: _____ Aprobó: _____ Revisó: _____ Revisó: _____

Fecha: _____

para _____

- 5). Discos de Ruptura.- Los discos de ruptura son dispositivos de protección para sobrepresiones, los discos de ruptura pueden ser usados solo o en una conexión con una válvula de relevo, los discos son fabricados de varios metales y se encuentran disponibles con recubrimientos de uno o ambos lados para efectos de resistencia a la corrosión.

La única limitación que se encuentra en estos dispositivos es que el disco se pierde una vez que a relevado la presión. Cuando tales discos son instalados en paralelo con una válvula de relevo-seguridad se obtiene una capacidad adicional para condiciones extremas de operación.

Existen varios tipos de discos de ruptura a saber; el tipo preensanchado, el tipo tres componentes, etc.

La presión de ruptura varía directamente con el espesor del disco e inversamente con el diámetro del disco.

Los más comunes materiales de construcción son aluminio, inconel y acero inoxidable por otra parte algunas veces los discos son hechos de cobre, plata, oro, platino, tántalo y titanio.

Los discos de ruptura son fácilmente pero no exclusivamente disponibles en tamaños desde $1/2''$ a $24''$ de diámetro aunque algunos fabricantes presentan tamaños desde $1/8''$ a $44''$.

A continuación se presenta una tabla representativa de discos de ruptura. (Tabla 1-C)

TABLA (1-C)

MATERIAL Y MAX. TEMP. °F.	Presión de reviente, Psig., a 72°								
	1/2"	3/4"	1"	3/4"	2"	3"	4"	6"	8"
Aluminio 250°	Min. 65	45	34	23	15	10	8	7	7
Aluminio con plomo por un lado 250°	Max. 950	1800	1800	3000	750	500	400	300	300
Aluminio con vinilo por un lado	Min. 89	61	46	31	18	14	11	9	9
Aluminio con vinilo en ambos lados	Max. 1500	1800	700	500	250	250	200	150	150
Cobre 250°	Min. 55	45	34	23	20	14	11	9	9
Cobre con cubierta de plomo 250°	Max. 1500	3000	1800	1000	750	500	400	300	300
Plata 250°	Min. 4500	3000	1800	1000	2500	1500	1000	1000	1000
Niquel 750°	Max. 235	155	115	73	49	32	25	20	20
Monel 800°	Min. 4500	3500	2000	1100	1800	800	600	500	500
Iconel 1,000°	Max. 345	175	125	85	55	35	25	20	20
Acero inoxidable 321. 600°	Min. 6000	3500	2000	1100	2500	2000	1500	1000	1000
	Max. 340	280	200	125	75	46	33	23	23
	Min. 6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
	Max. 460	320	250	175	105	80	54	43	43
	Min. 6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
	Max. 780	440	410	290	180	120	100	75	75
	Min. 6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
	Max. 850	620	480	360	190	130	105	81	81
	Min. 6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

Un disco de 1/2" puede tener un rango de presión de ruptura de 65 a 850, dependiendo del metal del cual esté fabricado.- Un disco de 24" puede tener un rango tan bajo como de 3 a 5, presiones de ruptura de 6000 son fácilmente conseguibles en tamaños pequeños pero presiones de ruptura más altas de 700 son raras en tamaños grandes.

El diseño de dispositivos para sostener el disco e interconectarlo dentro del sistema de presión es también variado pues pueden usarse dos bridas simplemente o una tuerca de unión especial o un tornillo también de fabricación especial, aquí también se encuentran distintas disponibilidades dependiendo del tamaño del disco.

CAPITULO NO. 11

CODIGOS APLICABLES

En este capítulo se tratará de resumir las principales características normativas de los códigos existentes, ya que normalmente los sistemas de relevo de presión deben observar las reglas que se establecen en los códigos.

Los principales códigos que existen para sistemas de relevo de presión son:

- 1). El A.S.M.E. (American Society of Mechanical Eng.)
- 2). El A.P.I. (American Petroleum Institute)
- 3). El N.B.F.U. (National Bureau of Fire Underwriters).

PRINCIPALES CARACTERISTICAS NORMATIVAS

- 1). Todos los recipientes de presión deben estar provistos de dispositivos de relevo de presión.
- 2). Los dispositivos de relevo de presión deben ser construidos, localizados, e instalados de tal manera que su inspección y reparación sea accesible.
- 3). Los manómetros que se usen deberán estar graduados preferentemente al doble aproximadamente de la presión de operación o como mínimo 1.2 veces la presión a la cual el dispositivo de relevo empieza a funcionar o sea la presión de relevo.
- 4). Es factible el uso de discos de ruptura en lugar de válvulas de relevo-seguridad en recipientes

que contengan sustancias que puedan sustituir una válvula de relevo-seguridad inoperante o evitar -- una pérdida de material por fugas que puedan ser -- evitadas, o contaminación de la atmósfera por fu-- gas de gases nocivos puede ser evitada.

5). Los recipientes que son operados completamen-- te llenos con líquido deben estar equipados válvu-- las de relevo.

6). Los dispositivos de relevo de presión deberán ser construidos de materiales resistentes a las -- presiones, temperaturas y otras condiciones para - el servicio que se requiere.

7). Las válvulas de relevo-seguridad deberán ser-- del tipo de resorte ajustado directo excepto en -- las válvulas de relevo-seguridad actuadas por pilo-- to.

8). Si el diseño de la válvula de relevo-seguri-- dad es tal que el líquido pueda colectarse en la - descarga del lado del disco, la válvula deberá es-- tar equipada con un dren en la parte más baja don-- de el líquido pueda ser colectado.

9). No deberán usarse asientos o discos de hierro colado.

10). En el uso de discos de ruptura el área seccio-- nal transversal de la conexión a el recipiente de-- berá ser no menor que el área requerida de relevo-- del disco de ruptura.

11). Todos los discos de ruptura deberán tener la-- presión a la que rompen bien especificada así como

la temperatura, deberán estar marcados con un número de lote, y deberán estar garantizados por el fabricante para romperse con no más de un 5% (más o menos) de error de la presión especificada.

12). Los discos de ruptura pueden ser instalados entre una válvula de relevo-seguridad del tipo resorte ajustado y el recipiente en cuestión.

13). La presión máxima del rango para el cual el disco de ruptura se haya designado para romperse no deberá exceder la máxima presión de operación del recipiente.

14). Cualquier válvula de relevo para servicio de líquidos deberá ser como mínimo media pulgada más grande del tubo que la une al recipiente.

15). Las especificaciones que el fabricante debe marcar en la válvula son las siguientes:

A). Para Válvulas de Relevo-Seguridad

- i. El símbolo de A.S.M.E.
- ii. El nombre o logotipo o marca del fabricante
- iii. Diseño del fabricante, figura o número tipo
- iiii. Tamaño en pulgadas
- iiiii. Presión de relevo en psi
- iiiii. Capacidad en libras de vapor saturado por hora o en piez cúbicos de aire a (60°F y 14.7 psi) por minuto.

B). Para Válvulas de Relevo usadas en Servicio de Líquidos.

- i. Nombre, logotipo o marca del fabricante.

- ii. Diseño del fabricante, figura o número del tipo de válvula.
- iii. Tamaño en pulgadas.
- iiii. Presión de relevo en psi
- iiiii. Capacidad de relevo en galones de agua por minuto a 70°F.

C). Para Discos de Ruptura

- i. Nombre o logotipo que identifique la marca del fabricante.
- ii. Diseño del fabricante, figura o número del tipo de discos y número de lote.
- iii. Tamaño en pulgadas.
- iiii. Presión máxima de rompimiento en psi
- iiiii. Presión mínima de rompimiento en psi
- iiiii. Temperatura concurrente del disco en °F.
- iiiii. Capacidad en libras de vapor saturado -- por hora o pies cúbicos de aire (a 60°F y 14.7 psi) por minuto.



- 16). El uso del símbolo  sólo podrá autorizarse por medio de una certificación escrita de -- las sociedades que establecen los códigos y no más.
- 17). Los intercambiadores de calor y recipientes-similares deberán también estar protegidos con dispositivos de relevo de capacidad suficiente para evitar sobrepresiones en caso de una avería interna.
- 18). Si las condiciones de cualquier válvula de relevo de presión son cambiadas, tales como el -- ajustar el resorte a otra presión; sólo podrá hacerlo el fabricante o en su defecto un representan

te del fabricante cuidando que la válvula sea re--
marcada una vez que se hayan cambiado las condicion
es.

19). Las tolerancias de las presiones de relevo -
de las válvulas de relevo-seguridad, no excederán-
de 2psi para presiones arriba de 70 psi inclusive-
y 3% para presiones abajo de 70 psi.

20). Cuando 2 o más dispositivos de relevo sean -
colocados en una sola conexión el área transversal
de la entrada de esta conexión deberá ser como mí-
nimo igual a las áreas de entrada de cada disposi-
tivo conectadas a ésta.

CAPITULO NO. III

CAUSAS DE RELEVO Y DETERMINACION DE CANTIDADES A RELEVAR.

Existen diversas causas que pueden producir un relevo, a saber, fuego, falla de agua de enfriamiento, falla de energía eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de compresoras, bloqueo accidental de flujo, bloqueo accidental de fuego, falla de vapor, etc. por mencionar las más importantes, otras causas también son posibles dependiendo del tipo y la peculiaridad de la planta. Por lo general la falla de agua de enfriamiento y la de energía eléctrica motivan la mayor carga en capacidad de un sistema de relevo de presión cerrado. Algunas veces la falla de energía eléctrica conduce a una falla parcial o total de agua de enfriamiento, existiendo entonces una combinación de relevos parciales en los sistemas de refrigeración y en las torres que pierden el reflujo, cuyas cantidades forman parte del flujo total relevado.

El siguiente paso es la determinación de las cantidades a relevar; este punto es el más importante para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de relevo de presión.

Lo primero que se debe hacer es una lista -- completa de las fuentes de relevo, flujo, presión, temperatura (después de la válvula) y las causas de relevo, una vez terminada esta lista, se agrupan las válvulas de acuerdo a los cabezales de distribución correspondientes y en base a estos resul

tados se efectúa el estudio de las diferentes emergencias en la planta para determinar las cargas máximas en los cabezales, a su vez los flujos individuales en cada válvula servirán posteriormente para su dimensionamiento.

La determinación de estas cargas se hace en base a un balance de calor y material en toda la planta, en el caso de una falla de agua de enfriamiento, la cantidad neta de calor que se da a la planta por medio de combustible, medio de calentamiento a cambiadores y por compresión debe ser eliminado en alguna forma que no sea agua de enfriamiento, aún cuando la secuencia de eventos puede variar de caso a caso, la mayor parte de este calor va a parar a los sistemas de refrigeración, en donde es absorbido en forma de calor latente por los gases refrigerantes relevados; a esta cantidad se le suman los gases producidos en las torres que usan como medio de calentamiento vapor de agua.

Después se efectúa un estudio de los flujos de relevo resultantes de las diferentes emergencias o fallas operacionales, considerando a toda o parte de la planta sometida a la emergencia, este estudio es un ejercicio de lógica e incluye estimados de cambio en diferencias de temperatura en intercambiadores de calor, comportamiento de estaciones de control, tiempo de residencia de líquidos, producción excesiva de vapores, etc., así como las medidas previstas para la planta en cada emergencia, como cortar flujo de combustibles para compresoras, cortar flujo de vapor o medio de calenta-

miento a rehervidores y cerrar la alimentación de materia prima a la planta tomando en cuenta la disponibilidad de servicios auxiliares en las diferentes emergencias.

Para poder establecer dichas cantidades no existe una regla a seguir siendo la única forma de estimarlas un análisis metódico de que es lo factible a suceder y una imagen realista de lo que sucedería.

ANALISIS METODICO

La siguiente tabla enumera las principales causas de relevo y los métodos para determinar las cantidades a relevar en fallas operacionales. (Tabla 3-A).

TABLA DE FALLAS OPERACIONALES Y CAPACIDADES DE RELEVO REQUERIDAS

CONDICIONES	VALVULAS DE RELEVO PARA RELEVO DE LIQUIDOS.	VALVULAS DE RELEVO-SEGURIDAD PARA RELEVAR VAPORES
1.- Bloqueo en salidas de recipientes.	Máxima capacidad de bombeo de líquido	Capacidad total de vapor - que se alimenta al recipiente más lo que se genera en éste, bajo condiciones normales de operación.
2.- Falla del agua de enfriamiento a el condensador,	-----	Cantidad total de vapor -- que se alimenta al recipiente menos la cantidad - condensada por el reflujo.
3.- Falla de reflujo en la parte superior de la torre.	-----	Cantidad total al condensador.
4.- Falla de reflujo del lado de la corriente.	-----	Diferencia entre el vapor - que entra y la sección que sale.
5.- Falla de ligeros al absorbedor.	-----	Ninguna
6.- Acumulación de no condensables.	-----	Capacidad descrita en la - condición 2 para torres - y párrafo 8 para otros recipientes.
7.- Entrada de material altamente volátil.		a) Para torres no es usualmente predecible.
a) Agua dentro de aceite caliente.	-----	b) Para intercambiadores - de calor asume un doble -- del área transversal interna de un tubo de manera -- que proporciona la cantidad de vapor generada por la entrada del material volátil.
b) Hidrocarburos ligeros dentro de aceite - caliente.		
8.- Sobrellenado de un recipiente para almacenar u oleaje en algún recipiente.	Máxima capacidad en el bombeo del líquido.	

9.- Falta de controles automáticos.	Requerimientos no operacionales.	a) Normalmente la cantidad total de vapor no condensada.
a) Controlador de presión de la torre en posición de bloqueo.		b) Requerimientos no operacionales.
b) Todas las válvulas en posición de bloqueo con excepción de las válvulas de agua y reflujo.		
10.-Entrada de calor o vapor anormal.	-----	a) Estimado de la máxima generación de vapor incluyendo las no condensables a partir del sobrecalentamiento.
a) Calentadores o reboilers incendiados		b) Cantidad de vapor que entra a partir del doble del área transversal de un tubo.
b) Rompimiento de un tubo del reboiler.		
11.- Explosión interna.	-----	No es controlada por dispositivos de relevo convencionales.
12.-Reacción Química.	-----	Cantidad estimada de generación de vapor a partir de condiciones normales y en condiciones no controlables.
13.-Expansión Hidráulica.		
a) Fluido frío en bloqueo.	Tamaño nominal	
b) Línea fuera del área de proceso en bloqueo.	Tamaño nominal	
14.-fuego exterior.		Método que se describe a continuación.

FUEGO EXTERIOR

La cantidad de calor absorbida por un recipiente o equipo que se encuentra expuesto al fuego es función directa del tamaño del recipiente, carácter de la instalación y tipo de protección del mismo, esta cantidad de calor será el factor determinante para conocer el flujo de relevo requerido.

En base a los estudios desarrollados por la PAW (Petroleum Administration of War), se estableció la relación de calor absorbido con el área -- del recipiente en contacto con líquido y con el tipo de aislamiento o resistencia a la transmisión de calor por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = 21\ 000\ FA^{0.82}$$

En equipos tales como columnas fraccionadoras, la superficie mojada se basa en la suma del contenido de líquido existente en los platos que tengan la posibilidad de ser alcanzados por el fuego.

Para estos casos se recomienda que la superficie mojada sea por lo menos la superficie comprendida dentro de una altura de 25ft. por encima de la base del fuego.

(TABLA 3-B)

VALORES DEL FACTOR "F"

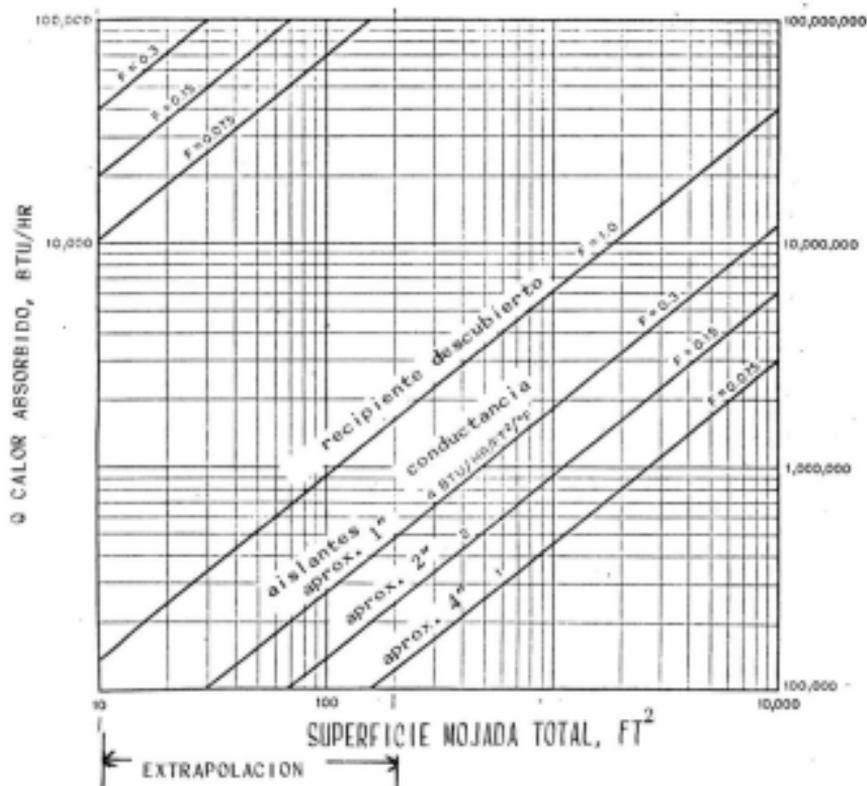
TIPO DE INSTALACION	VALOR DE F
1). Recipientes con aislamiento	1.00
2). Recipientes con aislamiento	
a) aproximadamente 1" de espesor	0.30
b) aproximadamente 2" de espesor	0.15
c) aproximadamente 4" de espesor	0.075
3). Recipientes a nivel del piso cubiertos de tierra.	0.03
4). Recipientes bajo tierra.	0.00

A continuación se anexa la siguiente gráfica, (Fig. 3.1) la cual es una solución de la ecuación: $Q = 21\ 000\ F A^{0.82}$ para los diferentes valores de "F" antes mencionados, donde los parámetros son:

Por un lado, la superficie mojada total en ft^2 y por otro lado el valor de "F" según el caso que se tenga; obteniéndose finalmente "Q" o sea el calor absorbido en BTU/hr.

(Esta gráfica fué tomada del APIRP 520).

(FIG. 3.1)



habiendo obtenido la cantidad de calor absorbido - por el líquido el flujo a relevar sería:

$$W = \frac{Q}{\lambda}$$

en donde:

W= flujo en masa lb/hr.

λ = calor latente de vaporización Btu/lb.

Con el objeto de facilitar la obtención de λ el calor latente de vaporización, se anexa la gráfica dada a continuación (Fig. 3.2), la cual -- fué tomada del APIRP 520, en la cual por medio de la presión de vapor la temperatura, y el peso molecular del fluido en cuestión se puede obtener directamente el valor de λ .

Para el caso de que se tengan mezclas se utiliza la misma ecuación dada anteriormente

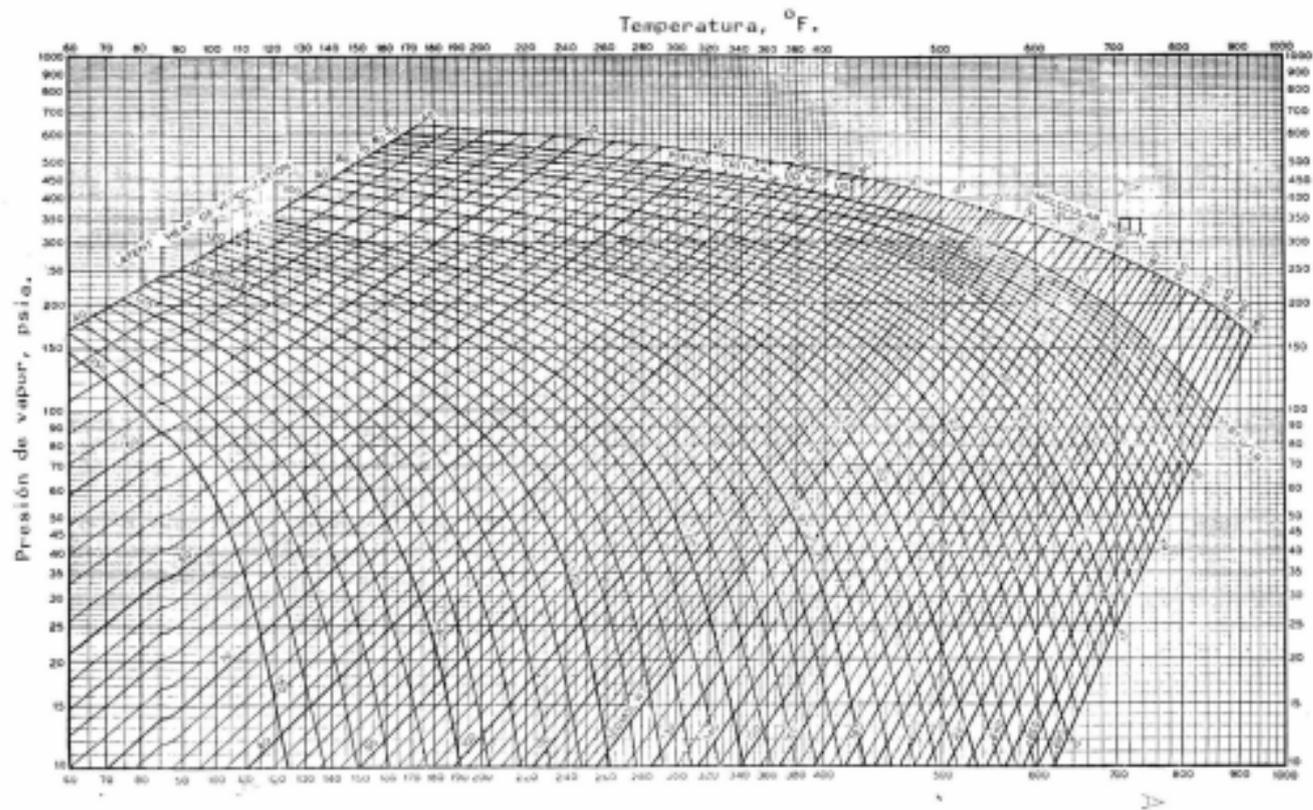
$$W = Q/\lambda$$

solo que en este caso, lo que se vería modificado, sería la λ , la cual se substituiría por el siguiente término.

$$\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3 + \dots \text{ etc.}$$

en donde $x_1, x_2, \text{ etc.}$ serían las fracciones presentes en la mezcla de diferentes compuestos y $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \text{ etc.}$ serían los calores latentes de vaporización de cada una de las fracciones.

FIG. (3.2)



CAPITULO No. IV

METODO DE CALCULO PARA DISPOSITIVOS DE RELEVO

La cantidad y tipo de fluido que se relevará por unidad de tiempo y el diferencial de presión a través de la válvula determinan el tamaño de la misma.

La selección del tipo estándar o blanceada depende de la máxima presión superimpuesta en el cabezal en comparación con la contrapresión permisible.

En general en la práctica cuando se está manejando gas o vapor, se calcula la capacidad de la válvula de acuerdo con la presión máxima de trabajo del recipiente.

Así pues el procedimiento más sencillo para la selección de una válvula de relevo consiste en dos pasos básicos y ocasionalmente uno tercero.

PASOS BASICOS.

- A). Determinación del tamaño de orificio necesario para el relevo de una cantidad predeterminada de fluido.
- B). Selección de la válvula más adecuada para las condiciones de presión y temperatura, dentro del conjunto de diferentes válvulas que tienen el orificio requerido.
- C). Para condiciones especiales, selección en base a las características deseadas.

La sección VIII del ASME (Boiler and Pressure Vesel) dá fórmulas para encontrar la capacidad de las válvulas de relevo cuando se maneja vapor,-

aire, o gas natural; de esta referencia se presentan las siguientes fórmulas que determinan el tamaño de la válvula para válvulas de tipo boquilla.

PARA VAPOR

1). Para determinar el tamaño del orificio de la boquilla en el caso de que se tenga vapor la fórmula es la siguiente:

$$A = \frac{W}{51.45 K_D P K_{SH}}$$

donde A= área de la boquilla en pulgadas cuadradas
W= capacidad en lb/hr.

K_D = 0.90% del actual coeficiente de descarga de --
válvulas para calderas de fuerza (sección I --
del Código ASME) y de válvulas certificadas --
subsecuentemente a 1963 para recipientes de --
presión no expuestos al fuego (Sección VIII --
del Código ASME).

K_D = 100% del coeficiente actual de descarga para --
válvulas certificadas a 1963 para recipientes --
de presión no expuestos al fuego (sección VIII
del Código ASME).

P= presión de relevo en psig. X 1.03 + la presión --
atmosférica para calderas de fuerza (sección I --
del Código ASME).

P= presión de relevo en psig. X 1.10 + presión at-
mosférica para recipientes de presión no expues-
tos al fuego (sección VIII del Código ASME, ex-
cepto para expuestos al fuego para los cuales --
P= presión de relevo X 1.20 + presión atmosférica.

K_{SH} = factor de corrección por supercalentamiento.

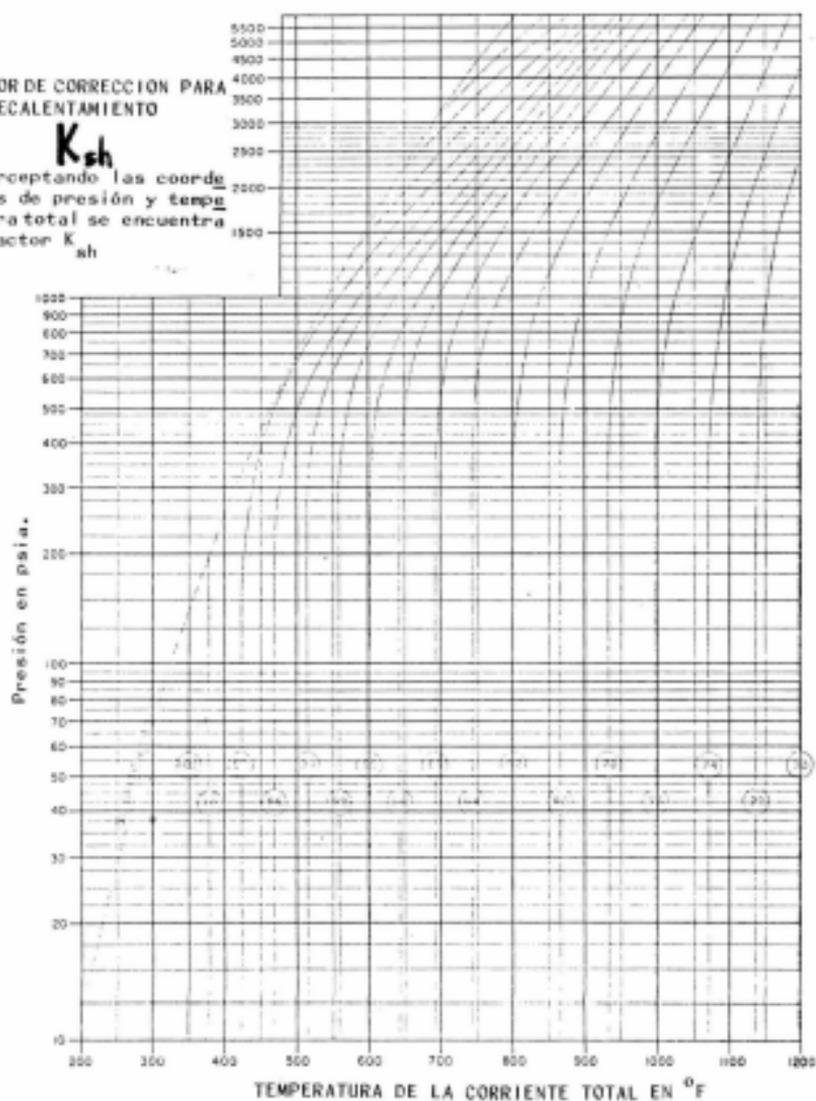
Para la obtención del valor de K_{SH} se anexa-
la siguiente gráfica (Fig. 4.1)

FIG. (4.1)

FACTOR DE CORRECCION PARA
SORRECALENTAMIENTO

K_{sh}

Interceptando las coordenas de presión y temperatura total se encuentra el factor K_{sh}



PARA GAS

2. Para determinar el área de la boquilla en el caso de que se maneje gas se tiene la siguiente fórmula:

$$A = \frac{W}{K_D CP} \left(\frac{TZ}{M} \right)^{1/2}$$

donde A= área de la boquilla en pulgadas cuadradas

W= capacidad en lb/hr.

K_D = 90% del coeficiente de descarga de válvulas para calderas de fuerza (sección I del Código ASME) y de válvulas certificadas subsecuentemente a 1963 para recipientes de presión no expuestos al fuego (sección VIII del código ASME).

K_D = 100% del coeficiente de descarga para válvulas certificadas antes a 1963 para recipientes de presión no expuestos al fuego (sección VIII del código ASME).

C= constante para el gas, la cual es una función de la relación de sus calores específicos.

$$C = 520 \left[k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)(k-1)} \right]^{1/2}$$

Para facilitar la obtención de C se anexa la siguiente tabla, (4-A) la cual relaciona a $k = (CP/CV)$ y C.

TABLA (4-A)

k	Constant C	k	Constant C	k	Constant C
1.00	315	1.26	343	1.52	366
1.02	318	1.28	345	1.54	368
1.04	320	1.30	347	1.56	369
1.06	322	1.32	349	1.58	371
1.08	324	1.34	351	1.60	372
1.10	327	1.36	352	1.62	374
1.12	329	1.38	354	1.64	376
1.14	331	1.40	356	1.66	377
1.16	333	1.42	358	1.68	379
1.18	335	1.44	359	1.70	380
1.20	337	1.46	361	2.00	400
1.22	339	1.48	363	2.20	412
1.24	341	1.50	364		

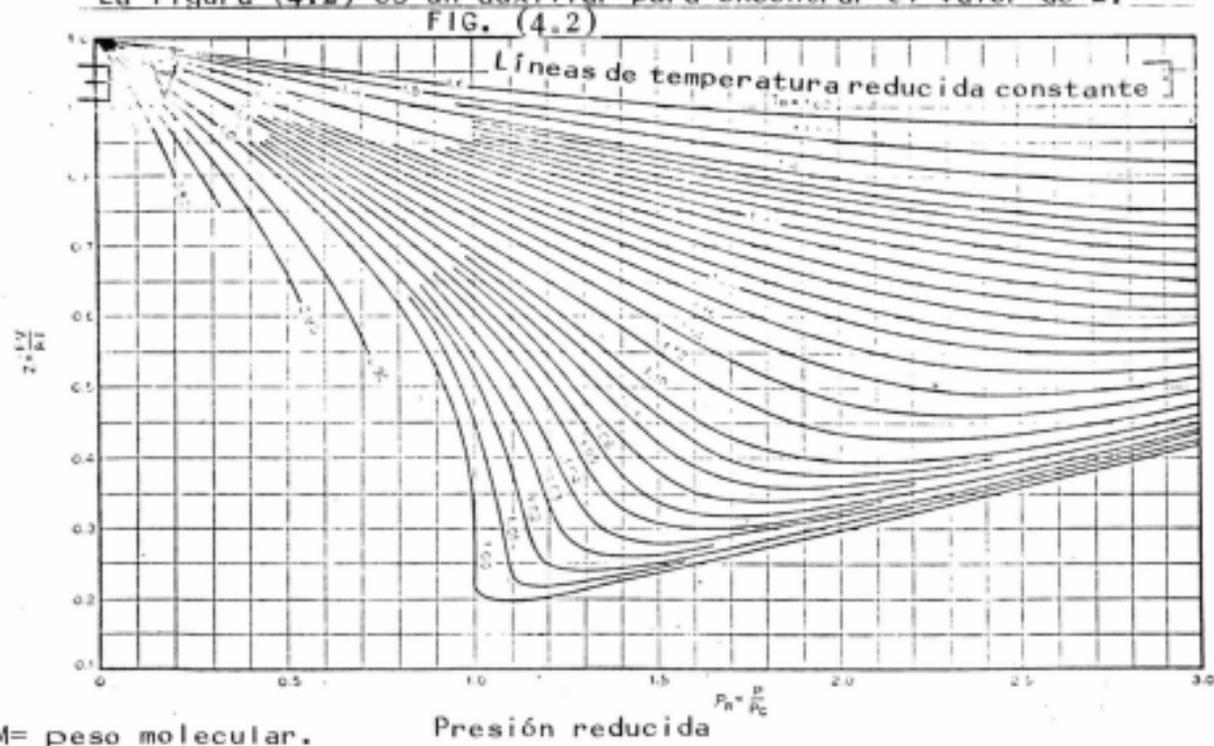
Heats ($K = C_p/C_v$)

En el caso de que no se conociera k o sea la relación de calores-específicas, se puede usar sin mucho error el valor de 315 para la constante C .

T = temperatura de relevo en $^{\circ}R$.

Z = factor de compresibilidad a las condiciones en que se efectúa el relevo.

La figura (4.2) es un auxiliar para encontrar el valor de Z .



PARA LIQUIDO

3). En el caso de que se necesite relevar líquidos el Código ASME no ofrece ninguna fórmula pero se presenta la siguiente fórmula la cual está derivada de la ecuación general de flujo de fluidos.

$$A = \frac{Q}{27.2 K_p K_v} \left(\frac{S}{\Delta P} \right)^{1/2}$$

En la cual:

A= área de la boquilla en pulgadas cuadradas

Q= capacidad en galones/min.

K_p = factor para la sobrepresión

$K_p = 1.0$ para 25% de acumulación

$K_p = 0.6$ para 10% de acumulación

K_v = factor de viscosidad

La figura (4.3) es una manera rápida para la obtención de el factor de viscosidad.

S= gravedad específica a la temperatura que el líquido fluye a través de la válvula.

ΔP = diferencial de presión a través de la válvula en psi o sea ΔP = (presión de relevo - contra presión).

Ahora bien, para los discos de ruptura cuando la entrada de la tubería es corta y la descarga es directa a la atmósfera éstos pueden ser conside

rados como orificios afilados; usando la notación anterior se tienen las siguientes fórmulas:

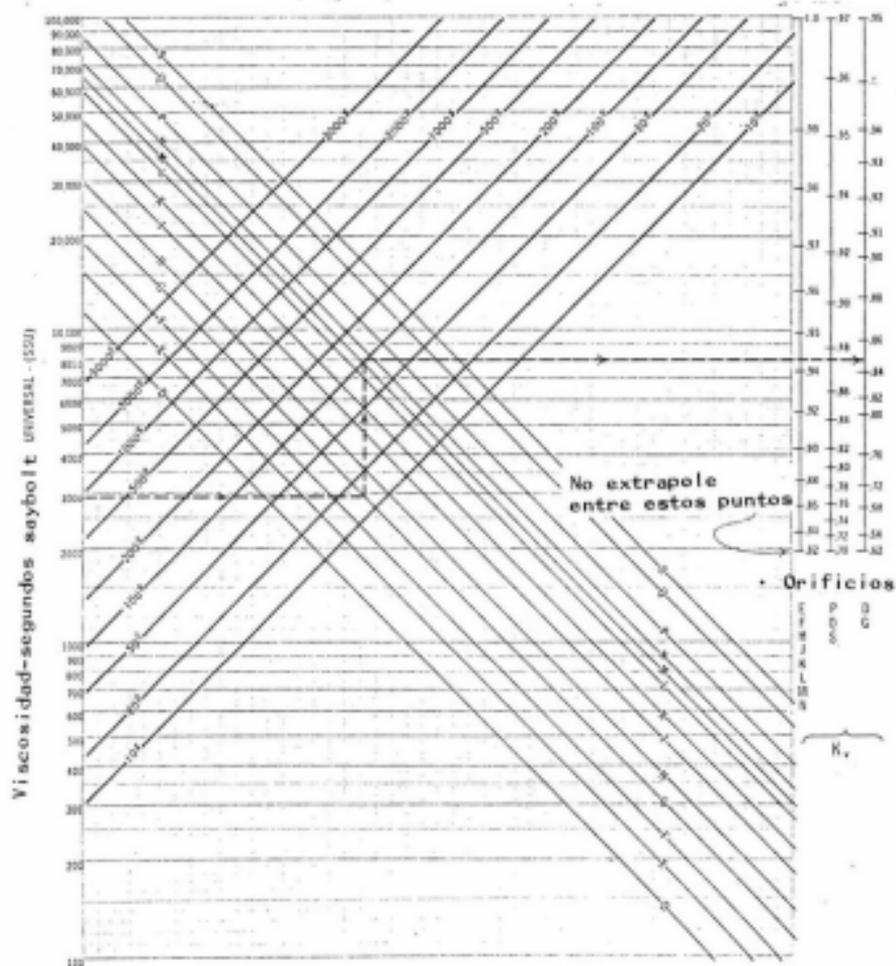
$$\text{para líquidos} \quad A = \frac{Q}{23.1} \left(\frac{S}{\Delta P} \right)^{1/2}$$

$$\text{para gases} \quad A = \frac{W}{35.2 P} \left(\frac{M}{T} \right)^{1/2}$$

Cuando longitudes apreciables de entrada o descarga de tubería son involucradas, es necesario calcular la caída de presión a través del sistema.

Para este cálculo la unión del disco puede ser considerado equivalente a 50 diámetros de tubería recta.

FIG. (4.3)



CAPITULO NO. V

METODO DE CALCULO PARA CABEZALES DE RECOLECCION

El dimensionamiento de las tuberías de descarga individuales y cabezales de recolección es usualmente un proceso de tanteos que puede llegar a ser extremadamente lento.

El tiempo que se utiliza, así como la probabilidad de cometer error se puede reducir si se preparan gráficas apropiadas para ser usadas con los datos normales de diseño; por lo que en este capítulo se hará uso de la ecuación desarrollada por Conison, la cual está basada en que se conocen las condiciones de salida o se calculan por la ecuación de Crocker para presión crítica; éste es el método más aceptado para el cálculo de cabezales y tuberías laterales.

Este método se aplica para cualquier tubería en la cual el diámetro y el gasto permanecen constantes a lo largo del tubo y en donde los cambios en calor específico, viscosidad y temperatura no son significativos.

El sistema de relevo de presión cerrado se analiza partiendo de los tanques separadores (o la chimenea o punto equivalente) y recorriendo la tubería corriente arriba hasta encontrar una válvula de relevo que pueda cambiar el gasto, la pérdida de presión, calculada con el método que se verá más adelante, determinará si en ese u otro punto es conveniente reducir el diámetro de la tubería. Este procedimiento se continua hasta completar el

dimensionamiento del cabezal principal y ramas laterales, habiéndose obtenido las presiones en cada punto de los cabezales, se sigue el mismo procedimiento para determinar la presión en la Brida de descarga de la válvula, en algunos casos la presión resultante o a la salida de la válvula (la contrapresión) es muy alta y no es aceptable por lo que se deben modificar diámetros y corregir el cálculo hasta obtener valores más adecuados, es entonces obvio que un sistema de cálculo gráfico presenta atractivos considerables.

Los factores principales que determinan el diseño de los cabezales y laterales en un sistema de relevo de presión cerrado son:

- 1). La distribución física de la planta.
- 2). El proceso que se lleva a cabo.
- 3). La máxima descarga simultánea en cabezales.
- 4). Tipo y características de las válvulas de relevo ya seleccionadas.
- 5). La máxima caída de presión disponible y caída de presión permisible para establecer diámetros en el sistema.

De los factores antes expuestos el más importante para el diseño de la tubería es la determinación del gasto máximo probable en todas las puntas del sistema.

La ecuación de Conison para un gas fluyendo bajo condiciones isotérmicas es:

$$(6.1) \dots p_1 = \left(p_2^2 + \frac{v_2^2 p_2^2}{9 v_2} \left[\frac{12fL}{di} + 21n \left(\frac{v_2}{v_1} \right) \right] \right)^{1/2}$$

para convertir la ecuación (6.1) a una forma tal - que sea susceptible a graficar, se divide entre p_2 - y se elevan ambos miembros de la ecuación al cua- drado una vez hecho ésto se substituyen en la ecua- ción las siguientes entidades.

$$(6.2)..... \frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{y} \quad (6.3)..... k = \frac{2v_2^2}{9v_2^2 p_2}$$

Resulta finalmente la siguiente ecuación:

$$(6.4)..... \frac{1}{k} + \frac{12fL}{2di} = \frac{1}{k} \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^2 - \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

la gráfica se elabora con la ecuación (6.4) toman- do varios valores de $1/k$ o sea:

$$\frac{1}{k} \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^2 \quad \tau \quad \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right) \quad \text{vs:} \quad \frac{p_1}{p_2}$$

Por otro lado la ecuación de Crocker para -- presión crítica es:

$$(6.5)..... p_t = \frac{W}{di^2 (11400)} \sqrt{\frac{RT}{k(1+k)}}$$

La gráfica que se prepara con la ecuación -- (6.5) se hace graficando valores de p_t Vs. valores de W para diferentes diámetros.

A continuación, se da paso a paso el método- de cálculo para determinar la presión corriente -- arriba (p_1).

1o. Se obtienen las propiedades del gas y las dimensiones del sistema, las cuales son: la relación de calores específicos k ; flujo W en lb/hr.; gravedad específica con respecto al aire (aire=1.0); -- diámetro de la tubería d_i en pulgadas (en nuestro caso d_i es un valor supuesto inicial); longitud de la tubería L en pies y temperatura en $^{\circ}F$ y $^{\circ}R$ (a la salida de la válvula).

2o. Se obtiene la presión crítica de la figura -- (5.1) y se corrige para las condiciones reales a las que está fluyendo el gas por medio de la siguiente ecuación:

$$(6.6) \dots p_{t \text{ corr.}} = p_{t \text{ gráfica}} \sqrt{\frac{0.6}{\text{grav. esp.}} \times \frac{T}{520} \times \frac{2.92}{(k+k^2)}}$$

o también:

$$p_{t \text{ corr.}} = p_{t \text{ graf.}} \times A \times B \times C$$

donde:

$$A = \sqrt{0.6/\text{grav. esp.}}$$

$$B = \sqrt{T/520}$$

$$C = \sqrt{2.92/k+k^2}$$

Si la cantidad de gas está dada en volumen -- se utiliza la figura (5.2) y por medio de la gravedad específica se encuentra la cantidad en peso para que se pueda usar como antes se dijo la presión crítica de la figura (5.1).

3o. Se determina la presión corriente abajo p_2 de una de las siguientes condiciones:

$p_2 =$ presión atmosférica si $p_{t\text{ corr}}$ es menor que la presión atmosférica.

$p_2 =$ presión del tanque separador a la descarga si ésta es mayor a $p_{t\text{ corr}}$, o presión atmosférica.

$p_2 = p_{t\text{ corr}}$, si $p_{t\text{ corr}}$ es mayor a la presión atmosférica.

4o. Se obtiene K como una función del flujo del gas de la figura (5.3) y ese valor se corrige para las condiciones reales a las que está fluyendo el gas por medio de la siguiente ecuación:

$$(6.7) \dots K_{\text{corr.}} = K_{\text{gráf.}} \left(\frac{0.6i}{\text{grav. esp.}} \right) \left(\frac{T}{520} \right) \left(\frac{14.7}{p_2} \right)^2 \left(\frac{10.25}{di} \right)^4$$

5o. Se calcula $1/K_{\text{ corregida}}$.

6o. Se obtienen valores para $12fL/2 di$ de la figura (5.5) y se suma este valor a $1/K_{\text{ corr.}}$, o sea --

$$\frac{12fL}{2di} + \frac{1}{K_{\text{ corr.}}}$$

Para diámetros no comprendidos en la gráfica la interpolación lineal es satisfactoria.

7o. Se obtiene la relación de presiones p_1/p_2 de la figura (5.4) para lo cual se entra a la gráfica con el valor encontrado en el sexto paso $1/K_{\text{ corr.}}$ + $12fL/2di$. Hasta la curva que corresponda al va

lor de $1/K_{\text{ corr.}}$

8o. Se calcula la presión corriente arriba p_1 de-

la relación de presiones encontradas en el séptimo paso y la presión corriente abajo que fué determinada en el tercer paso o sea $p_1 = p_2 (p_1/p_2)$.

9o. Si p_1 no es satisfactoria, se deberá suponer un nuevo valor de d_i y se repite el procedimiento.

Ya que la gráfica de $12fL/2d_i$ se hizo para un flujo completamente desarrollado, el número de Reynolds para el valor final de d_i deberá ser verificado para flujo turbulento.

$$N_R = \frac{6.31 W}{d_i \mu}$$

El cual deberá ser por lo menos 2 100 y preferentemente 10 000.

Nomenclatura usada en este capítulo:

f = factor de fricción

g = constante gravitacional en pies/seg²

K = constante $2V_2^2/gV_2p_2$

K = relación de calores específicos (cp/cv)

L = longitud de la tubería en pies.

p_1 = presión corriente arriba en psia.

p_2 = presión corriente abajo en psia.

p_t = presión crítica en psia.

R = constante molar de los gases = 1.544/29 x grav.esp.
grav.esp. = gravedad específica (aire=1.0)

T = temperatura en °F y °R

V = volumen específico del gas en pies cúbicos/lb.

V_1 = velocidad corriente arriba en pies/seg.

V_2 = velocidad corriente abajo en pies/seg.

W = gasto en masa en lb/hr.

d_i = diámetro interno de la tubería en pulgadas

μ = viscosidad en centipoises.

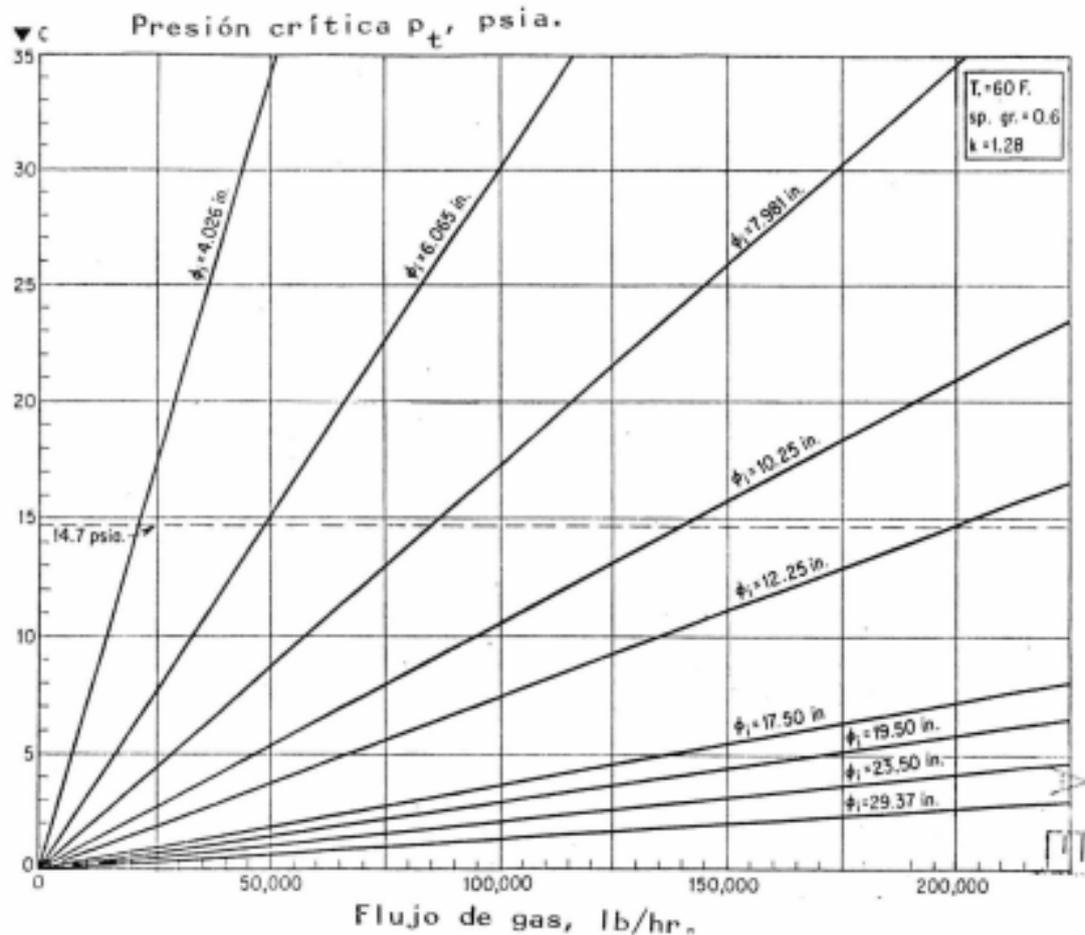


FIG. (5.1)

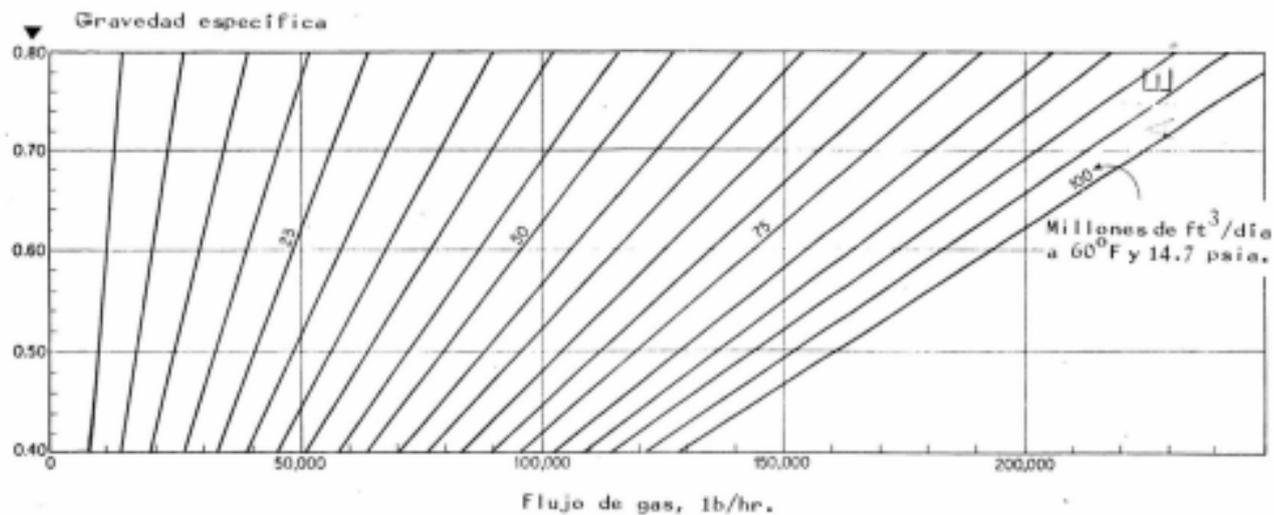


FIG. (5.2)

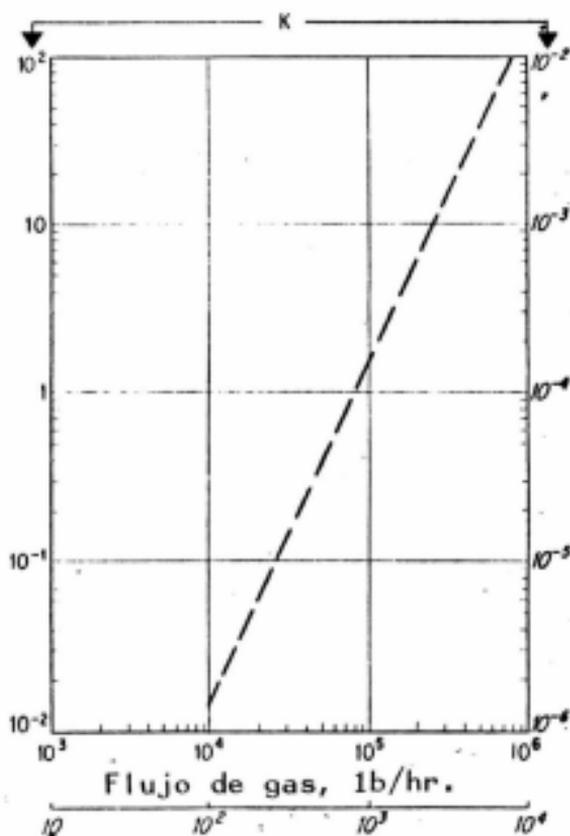


FIG. (5.3)

Condiciones para Figs. 5.3 y 5.4

$$K = 2 v_2^2 / g v_2 p_2$$

sp. gr. = 0.60

$p_2 = 14.7$ psia.

T. = 60 F.

$\phi_1 = 10.25$ in.

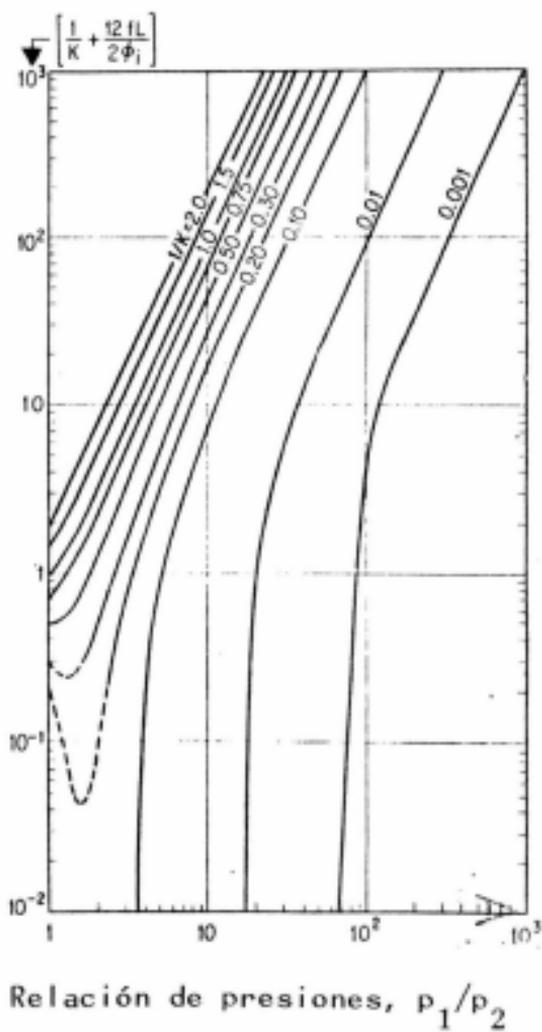


FIG. (5.4)

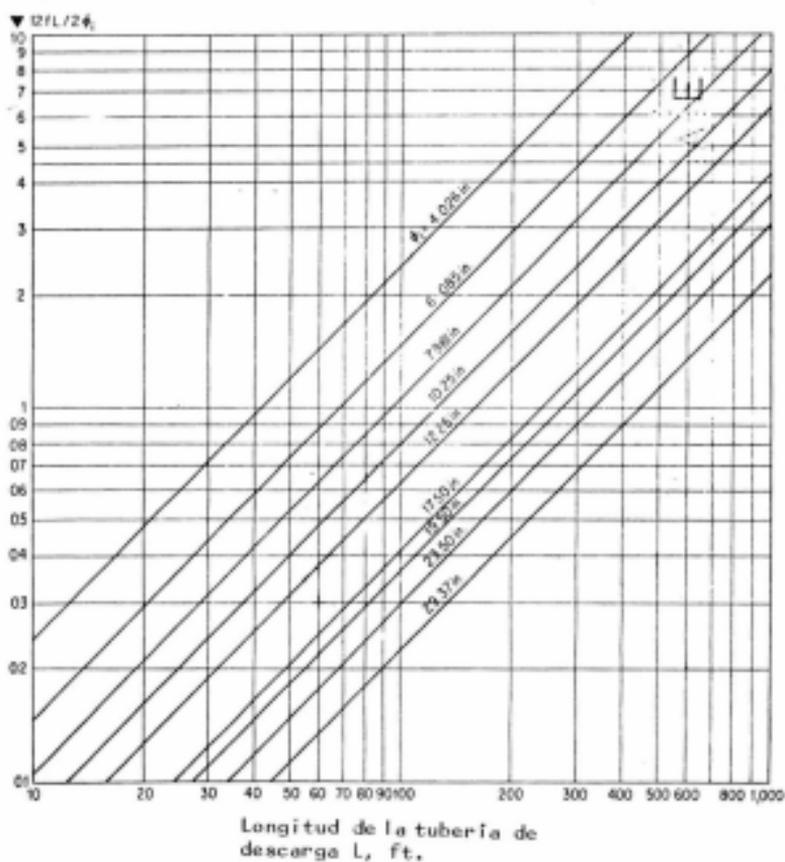


FIG. (5.5)

CAPITULO NO. VI

METODO DE CALCULO PARA TANQUES SEPARADORES

Los tanques separadores tienen como finalidad separar fracciones líquidas que pudieran existir en las descargas, ya que si no se hiciera uso de estos recipientes al quemar gotas de líquido -- existe el peligro de que éstas caigan al piso encendidas.

El principio de diseño de estos tanques se basa en la disminución de la velocidad de la mezcla, para efectuar una separación máxima entre las dos fases del fluido que se maneja sin dejar de tomar en cuenta la acumulación o tiempo de residencia requerido para tal operación, la cual es puramente mecánica.

Así pues, se puede establecer como regla general que:

Aquel recipiente que requiera de una acumulación o tiempo de residencia corto será vertical y aquel que requiera de un tiempo de residencia grande será un tanque horizontal; es decir, el primer tanque será para fracciones pequeñas, y el segundo para separaciones de grandes cantidades de líquido.

La figura (6.1) sirve para determinar el factor de velocidad de vapor, y está basada en un arrastre de líquido del 5%, la cual es una base de diseño adecuada para este tipo de recipiente. En el caso de que se necesite una separación mayor, lo que se hace, es utilizar condensadores de niebla los cuales disminuyen el arrastre del líquido hasta un 1%.

A continuación se describe el método de cálculo paso a paso, tanto para tanques verticales como para horizontales.

TANQUES VERTICALES

PASO No. 1

Se calcula el factor de separación de vapor-líquido por medio de la siguiente ecuación:

$$(W_e/W_v) \sqrt{\rho_v/\rho_l}$$

donde:

W_e = gasto del líquido en lb/seg.

W_v = gasto del vapor en lb/seg.

ρ_l = densidad del líquido en lb/ft³

ρ_v = densidad del vapor en lb/ft³

PASO No. 2

Se determina, con ayuda de la figura (6.1) - el factor de velocidad de diseño K_v con el cual -- una vez determinado, se calcula la velocidad máxima de diseño del vapor con la siguiente ecuación:

$$V_v \text{ max.} = K_v \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_v}{\rho_v}} \quad \text{en ft/seg.}$$

PASO No. 3

Se calcula el área mínima del recipiente con la sig. ecuación:

$$A_{\text{min.}} = \frac{W_v}{\rho_v (V_v)_{\text{max.}}} \quad \text{en ft}^2$$

PASO No. 4

Se fija el diámetro del recipiente basado en incrementos de 6 pulgadas.

$$D_{\min.} = \sqrt{\frac{4(A_{\min.})}{\pi}} \quad \text{en ft.}$$

$D = D_{\min.}$ al siguiente incremento de seis pulgadas.

PASO No. 5

Se determina el tiempo de residencia requerido y en base a éste se calcula el volumen de recipiente requerido.

$$V = \frac{W_1}{\int_1 \theta_R}$$

donde θ_R es el tiempo de residencia, (estos tiempos de residencia pueden ser tomados de las tablas 5.1 y 5.2 del EVANS, Capítulo No. 5, los cuales -- consideran el factor humano). La altura del líquido es:

$$K_1 = v \left(\frac{4}{\pi D^2} \right)$$

PASO No. 6

Se verifica la relación de diámetro a longitud ya que:

$$H_1 + H_v = L$$

$\frac{H_1 + H_v}{D}$ deberá estar entre 3 y 5.

Para pequeños volúmenes de líquido la rela--

ción L/D mayor que 3 dá como resultado un volumen de líquido superior al requerido; si este volumen requerido dá como resultado una relación L/D menor que 5 se hace necesario el utilizar un recipiente horizontal por lo cual a continuación se describe el método de cálculo para tanques horizontales.

TANQUES HORIZONTALES

PASO No. 1

Se calcula el factor de separación con la siguiente ecuación:

$$W_e/W_v = \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_l}}$$

PASO No. 2

Para recipientes horizontales usando la figura (6.1)

$$K_H = 1.25 K_V$$

donde K_H es el factor de velocidad de vapor horizontal, y K_V es el factor de velocidad de vapor vertical.

PASO No. 3

Se calcula la velocidad máxima de diseño del vapor con la siguiente ecuación:

$$V_{v \text{ max.}} = K_H \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_v}{\rho_v}} \quad \text{en ft/seg.}$$

PASO No. 4

Se calcula el área mínima requerida por medio de la ecuación:

$$A_{v \text{ min.}} = \frac{W_v}{\rho_v (V_v)_{\text{max.}}} \quad \text{en ft.}^2$$

PASO No. 5

Se selecciona el tiempo de residencia θ_R y se calcula el volumen total del líquido:

$$V = \frac{W_1}{\rho_1 - \theta_R}$$

PASO No. 6

Cuando el recipiente está lleno:

$$A_{\text{total (min.)}} = A_{v \text{ min.}} / 0.2$$

de donde:

$$D_{\text{min.}} = \sqrt{\frac{4 (A_{\text{total}})_{\text{min.}}}{\pi}} \quad \text{en ft.}$$

PASO No. 7

Se calcula la longitud del recipiente con la ecuación:

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

en donde:

$D = D_{\text{min.}}$ al siguiente incremento de seis pulgadas.

PASO No. 8

Se verifica la relación L/D ; si $5 < \frac{L}{D} < 3$, volver a dimensionar por tanteo el criterio físico de la relación L/D , que está basado en la reducción al máximo del costo, puesto que el espesor de la placa es función directa del diámetro y la longitud es función inversa del mismo, encontrándose el punto óptimo entre las relaciones L/D de 3 a 5.

NOMENCLATURA USADA EN ESTE CAPITULO.

A= área transversal del recipiente en ft.²

D= diámetro del recipiente en ft.

H= altura del recipiente en ft.

L= longitud del recipiente en ft.

K= factor de velocidad de vapor

V= velocidad del fluido ft/seg.

U= volumen del recipiente en ft.³.

W= gasto en masa lb/hr.

ρ = densidad en lb/ft³

SUBINDICES.

H= horizontal

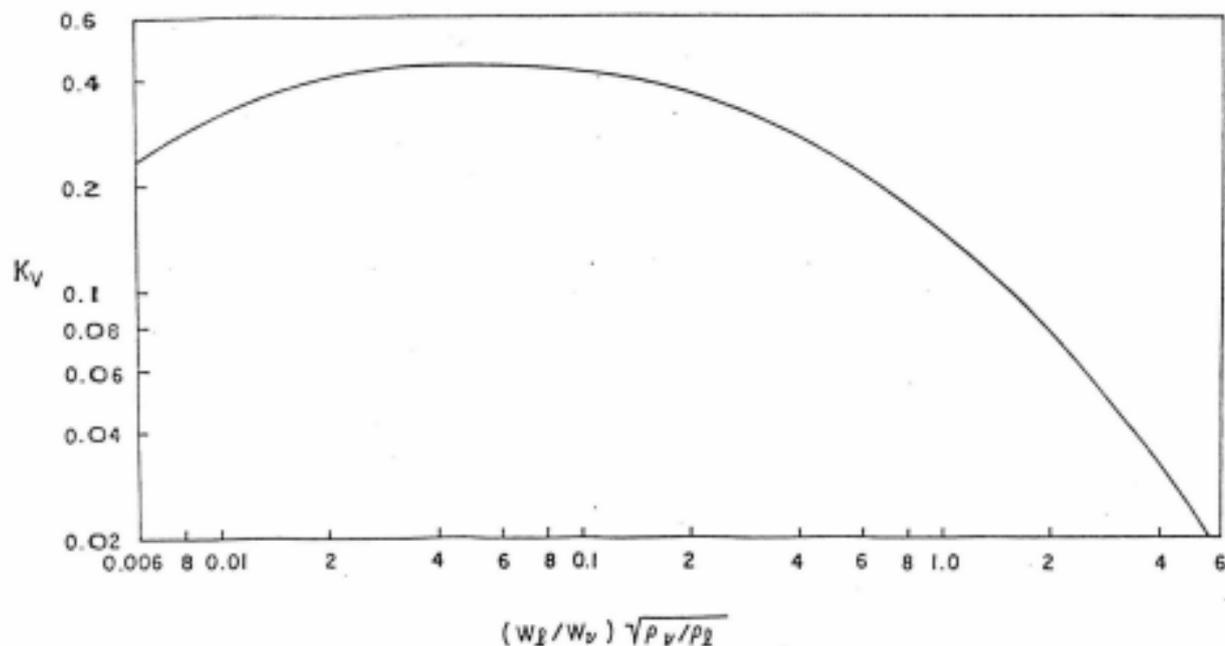
l= líquido

v= vapor

v= vertical

max.= máxima

min.= mínima.



DISEÑO DEL FACTOR DE VELOCIDAD PARA
SEPARADORES VERTICALES CON UN 85% DE
INUNDACION.

FIG. (6.1)

CAPITULO NO. VII

METODO DE CALCULO PARA EL QUEMADOR

Existen dos clases principales de quemadores de campo, el quemador de fosa y el quemador de chimenea. La decisión entre el uso de un quemador de fosa y un quemador de chimenea depende principalmente del espacio disponible, de las condiciones climatológicas, de las normas locales, de la economía, etc.

Desde el punto de vista seguridad, el uso de un quemador de chimenea es el más adecuado.

En los casos en que se manejan flúidos fríos y más pesados que el aire existe el peligro de acumulación de gases en un quemador de fosa, lo que podría conducir a una combustión incompleta debido a la falta de aire.

En un quemador de chimenea no existe este peligro, ya que la mezcla gas-aire se forma antes -- del quemador, con la ventaja adicional de una dispersión efectiva debido a la altura y velocidad de descarga para el caso de una combustión incompleta.

Es también importante notar que las normas locales influyen directamente en el diseño de la unidad final de eliminación, principalmente debido a la formación de humo.

Para el diseño del quemador de campo se tienen que considerar las siguientes características.

- 1). Que sea capaz de quemar los vapores hidrocar-

buros relevados durante la peor emergencia.

II). Los vapores que lleguen al quemador deberán estar libres completamente de líquido.

III). Reducir al mínimo la formación de humo.

IV). Localización suficientemente distante para dar seguridad al personal y equipo en la planta.

V). Debe prever el retorno de flama.

METODO DE CALCULO PARA EL DIAMETRO DEL QUEMADOR

La chimenea y quemador en sí deben tener un diámetro tal, que sea adecuado para mantener una flama estable, con la previsión de que en una emergencia mayor esta flama no se apague, los experimentos efectuados al respecto muestran que existe el peligro de que la flama se apague cuando la velocidad de los gases en la chimenea son de 25 a -- 30% de la velocidad sónica.

Debido a ésto, la base de dimensionamiento aceptada es usar, el 20% de la velocidad sónica como velocidad de salida. La ecuación para el diámetro del quemador entonces, se deduce de la siguiente forma:

El flujo de un gas a través de una sección circular se expresa como:

$$W = 3,600 \int_g V A_c$$

en donde:

W= flujo en lb/hr.

\int_g = densidad del gas en lb/ft³

V= velocidad de salida en ft/seg.

A_c = sección transversal en ft²

Por otro lado la densidad del gas se puede expresar como:

$$\int_g = \frac{MP}{RT} = \frac{MP}{10.73T}$$

y la velocidad como 20% de la velocidad sónica:

$$V = \frac{1}{5 \left(\frac{g_e KRT}{M} \right)^{1/2}} = \frac{1}{5 \left(\frac{g_e K 1.546 T}{M} \right)^{1/2}}$$

y la sección transversal como:

$$A_c = \frac{\pi d^2}{4(144)} = \frac{0.785}{144} d^2$$

donde:

M= peso molecular del vapor

P= presión absoluto del vapor en psia.

T= temperatura del vapor en grados R.

g_c = aceleración de la gravedad 32.17 (lb-masa) - -
(ft)/(lb-fza.)(seg²).

R= constante de los gases 1.546 (ft-lb)/°R mol.

$K = c_p/c_v = 1.2$

d= diámetro del quemador en pulgadas

c_p = calor específico a presión constante Btu/lb°F

c_v = calor específico a volumen constante Btu/lb°F

combinando las ecuaciones anteriores y usando los valores para g_c ; K, y P antes mencionados se puede obtener en la siguiente ecuación:

$$d^2 = \frac{W}{1370} \frac{T}{M}$$

la ecuación anterior está basada en una relación $c_p/c_v = 1.2$ la cual se ajusta a la mayoría de los -

hidrocarburos, para valores bastante diferentes de K, el diámetro obtenido se corrige multiplicándolo por la siguiente entidad.

$$1.05 (c_p/c_v)^{-0.25}$$

también es de gran importancia el hacer ver que en este diámetro se consideró aproximadamente un 30% de sobrecapacidad para la inyección de vapor, ésto se hace con el fin de reducir al mínimo la producción de humo.

Por último, en general, se puede afirmar que el diámetro del quemador deberá ser mayor que el diámetro del cabezal de gases a quemar.

METODO DE CALCULO PARA LA LOCALIZACION Y ALTURA DEL QUEMADOR.

Para determinar la localización y altura del quemador es necesario considerar los efectos de radiación de calor sobre el personal y equipo, puesto que una falla importante en la planta puede dar lugar a la formación de una flama de tamaño considerable.

A continuación se indican los efectos de la radiación de calor sobre el cuerpo humano.

Intensidad Btu/hrft. ²	Umbral de dolor	Ampollamiento
2 000	8 seg.	20 seg.
5 300	—	5 seg.

Con una intensidad calorífica de 2000 Btu/hrft² (seis veces la intensidad de radiación solar), el tiempo en que comienza a sentirse dolor es de 8 -- seg., de aquí que se toma como base el tiempo necesario para que un operario se ponga en lugar seguro, la radiación no deberá ser mayor de 1 500 Btu/hrft² para el caso de una falla mayor en la planta.

Una chimenea lo bastante alta es suficiente para evitar esta situación pero muchas veces es -- prácticamente imposible y/o poco económico por lo cual deberán tomarse otras medidas para garantizar seguridad.

El efecto de la radiación de calor sobre -- equipo se muestra en la figura (7.1), la temperatura del equipo metálico aumenta en función al tiem-

po de exposición, mientras más alta sea la intensidad más alta resultará la temperatura; la figura (7.2), curva 1 muestra las temperaturas teóricas de equilibrio para objetos con una conductividad semejante al acero, en la misma figura (7.2) curva 2 para una conductividad más baja, aproximadamente como la de la madera estando la temperatura real del equipo entre estas dos curvas.

Las temperaturas en recipientes que contienen fluidos en movimiento lógicamente resultarán por el mismo movimiento del fluido, menores debido a la absorción de calor.

En el caso de la curva 2, las temperaturas de equilibrio se alcanzan en un tiempo más corto comparadas con la curva 1.

La deshidratación de la madera toma lugar a 500°F , la descomposición a 700°F y en ignición a 800°F aproximadamente, que corresponden a 1 300, 3 000 y 4 000 Btu/hrft² respectivamente. Esto quiere decir que las estructuras de madera y vegetación en una área con una intensidad calorífica de 3 000 a 4 000 Btu/hrft² o mayor tienen la posibilidad de inflamarse, como también así la pintura de los equipos. Es por estos motivos, que se recomienda la protección del equipo por medio de recubrimientos o regaderas de agua si es que la instalación de una chimenea alta es impracticable.

Resumiendo:

2 Para una intensidad calorífica de 1 500 Btu/hrft² o mayor es necesario proteger al personal y-

para una intensidad calorífica de 3 000 Btu/hrft² o mayor es además necesaria la protección del equipo, lo anteriormente expuesto se puede observar -- gráficamente en la figura (7.3).

Para encontrar la intensidad calorífica en cualquier punto P en el suelo a X pies del centro de la chimenea (fig. 7.4) se hace uso de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\xi Q}{4\pi R^2}$$

en donde:

I = intensidad calorífica Btu/hrft²

ξ = emisividad de la flama

Q = calor generado por la flama

R = distancia del centro de la flama al punto P

La emisividad de la flama, que depende de su luminosidad es:

para metano = 0.20

para propano = 0.33

para hidrocarburos más pesados = 0.40

la cual puede ser representada aproximadamente por la siguiente entidad.

$$\xi = 0.048 M$$

donde M = peso molecular

Ahora bien, el calor generado por la flama es:

$$Q = 20\,000 W$$

donde W = lb/hr. de hidrocarburo

Basadas en un poder calorífico de 20 000 Btu/lb, --

el cuadrado de la distancia R estará dado por la siguiente ecuaciones:

$$Y = \sqrt{H(H+L)}$$

$$L = 120D$$

en donde:

Y = altura del centro de la flama en ft.

D = diámetro de la chimenea en ft.

L = longitud de la flama en ft.

por lo tanto:

$$R^2 = X^2 + Y^2$$

$$R^2 = X^2 + H(H + 120D)$$

Si la intensidad calorífica en la base de la chimenea no excede de 1 500 Btu/hrft², para encontrar la altura de la chimenea (H), se substituye I = 1 500 y X = 0 en la ecuación final la cual sería:

$$I = \frac{960 W \sqrt{M}}{4 (X^2 + H(H+120D))}$$

El reducir al mínimo la producción de humo en el quemador se basa en el principio del aumento de la velocidad de quemado por medio de la inyección de vapor de agua a la flama por creación de turbulencia en los gases inflamables y la aspiración del aire, reduciendo así la formación de hollín, también se reduce por medio de la siguiente reacción:



la cual es promovida por la adición de vapor de --

agua, la tendencia de los hidrocarburos a formar humo cuando son quemados depende de su estructura molecular, grado de saturación, y peso molecular entre otras cosas.

Los productos principales al quemar un hidrocarburo con aire, son vapor de agua y bióxido de carbono, mientras más alto sea el peso molecular del hidrocarburo menor es la relación de vapor de agua a bióxido de carbono y consecuentemente mayor la tendencia a la formación de humo.

Ahora bien, si se puede mantener constante esta relación por medio de la inyección de vapor de agua, la cantidad de vapor de agua necesaria para reducir al mínimo la formación de humo, se puede deducir en base a una relación de vapor de agua a bióxido de carbono de 0.7 por medio de la siguiente ecuación:

$$W_{\text{vapor}} = W_{\text{hidroc.}} \left(0.68 - \frac{10.8}{M} \right)$$

donde:

W_{vapor} = lb/hr. de vapor

$W_{\text{hidroc.}}$ = lb/hr. de hidrocarburo

M = peso molecular del hidrocarburo.

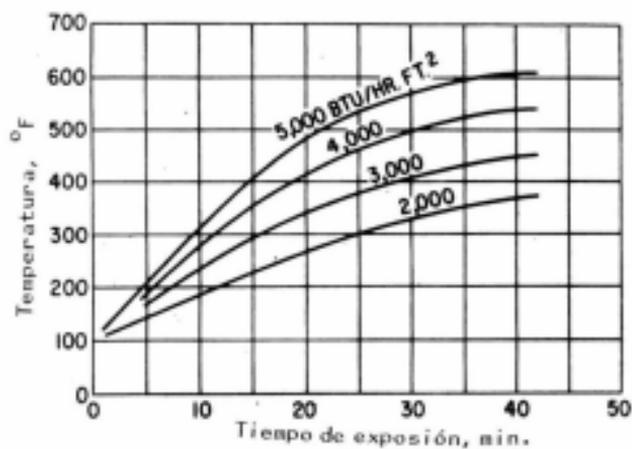


FIG. (7.1)

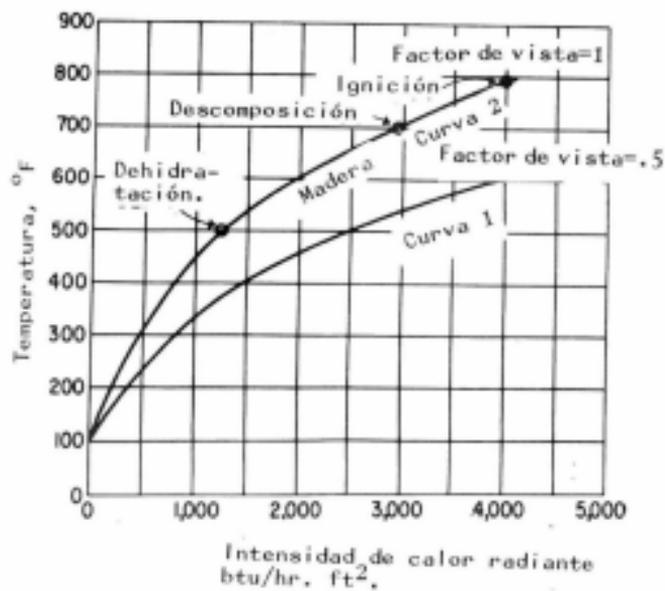


FIG. (7.2)

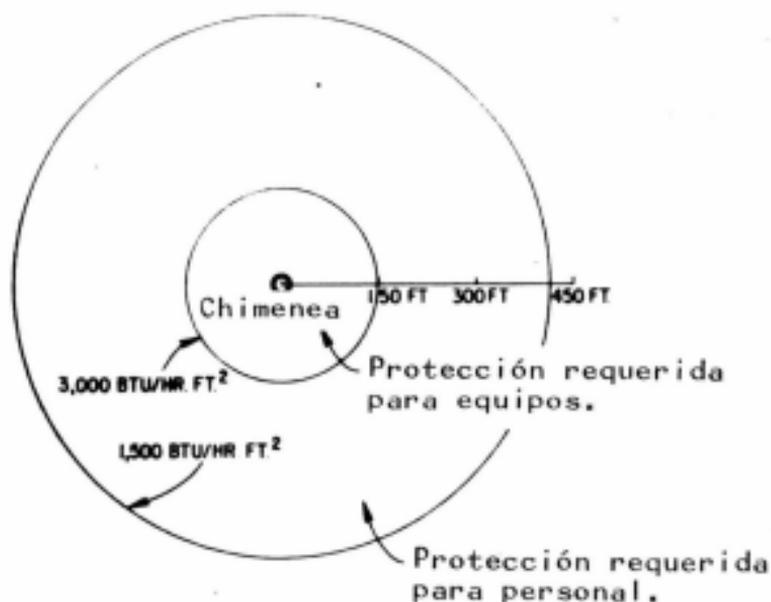


FIG. (7.3)

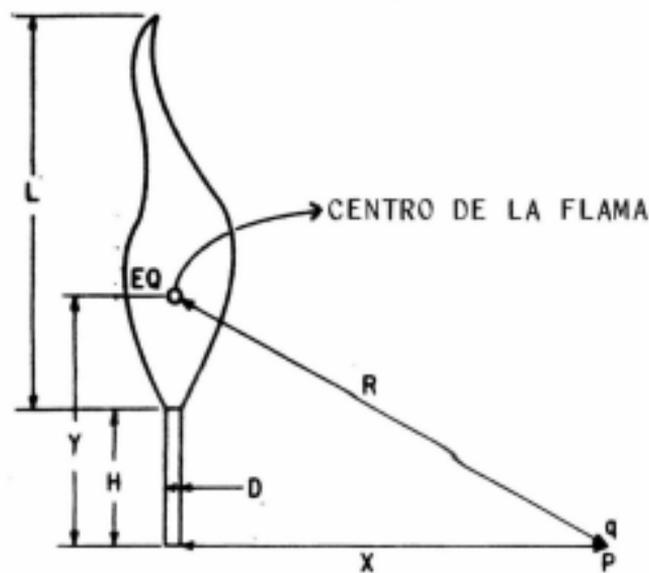


FIG. (7.4)

CAPITULO NO. VIII

DETERMINACION DE PERFILES DE TEMPERATURA

Dentro de todo el mecanismo que se establece en el dimensionamiento de un sistema de relevo de presión; la determinación de los perfiles de temperatura existentes entre la salida de las válvulas de relevo y la entrada al quemador juega un papel muy importante para el diseño de los cabezales de recolección y la determinación de la contrapresión no obstante que hasta la fecha el diseño de las mismas se hace considerando que el flujo no cambia de temperatura esto es que permanece isotérmico lo cual es prácticamente imposible pues con el solo hecho de pensar en la caída de presión que se tenga presente en los ramales laterales y cabezales es más que suficiente para percatarse de que un cambio en la temperatura es de esperarse.

Por otra parte en el diseño del quemador, la parte del mismo que involucra las especificaciones del sistema de ignición necesita datos como la temperatura a la que llega el fluido para que con base a ésta se efectúe un buen diseño del mismo.

Una medida práctica que se propone en este capítulo con el fin de tomar en cuenta estos cambios de temperatura que sufre el fluido a través de las tuberías es la siguiente:

Una vez que se tengan los tamaños preliminares de los cabezales calculados por el método que considera isotérmico el recorrido de las mismas a

través de la tubería se podrían efectuar cálculos para conocer por cada pie línea recorrido, la cantidad de calor ya sea que se ganara o se perdiera dependiendo de las características que tenga el fluido al ser relevado y las características que predominan en el medio ambiente.

Una vez obtenida la cantidad de calor perdida o ganada la cual iría variando conforme se fuera avanzando en los ramales se podrían determinar las nuevas temperaturas por medio de un balance de calor a cada tramo esto es si se conoce la cantidad de flujo que se está relevando y además se conoce la temperatura de salida de la válvula y como se tienen ya materiales seleccionados en el dimensionamiento preliminar de los cabezales se pueden obtener resultados trabajando este sistema con las fórmulas de transferencia de calor.

Estos cálculos se ven complicados cuando se tiene la apariencia de una segunda fase en el flujo ya que esto es también parte de los cambios que sufre el fluido a través de ramales y cabezales -- tan es así que es necesario el dimensionamiento de un tanque separador antes del quemador cuya función ha sido explicada en el capítulo de tanques separadores.

Es obvio que la medida propuesta en este capítulo debe llevarse a cabo con la ayuda de una computadora debido a lo complejo de los sistemas de relevo en cuanto a ramales y cabezales y diferentes presiones existentes en los ramales.

De esta manera se podrían establecer los per

files de temperatura a través de todo el sistema - ésto es; se grafica temperatura del fluido por cada pie lineal contra longitud del tubo.

Una vez que se hallan establecido estos perfiles lo que se podría hacer es; utilizando el método isotérmico tomar como accesorios o válvulas en sí, aquellos puntos en los que hubiera un cambio - significativo en las características del flujo tales como presión, temperatura, composición, etc. y avanzar corriente arriba hasta encontrar otro punto con ayuda de los perfiles donde se considera -- que el flujo ha cambiado nuevamente de propiedades sin olvidar que en el diseño preliminar que se estableció antes ya se tenía un diámetro de tuberías; lo que bastaría es solo el chequeo de estos diámetros y de la nueva contrapresión que se encuentre - después de el recálculo que se hace en base a los - perfiles de temperatura.

CAPITULO NO. IX

COSTOS EN SISTEMAS DE RELEVO DE PRESION

Generalmente es difícil encontrar el mejor camino para desarrollar un sistema de relevo de presión que resulta económico pero que a su vez cumpla con su objetivo principal, esto es encontrar el sistema óptimo para la planta, sobre la cual se trate.

Esto es también debido a la gran complejidad de actividades que se desarrollan en el transcurso del avance del proyecto, por lo cual este trabajo es efectuado por un equipo de ingenieros o departamento de sistemas.

A continuación se propone el siguiente diagrama de actividades, (desarrollado por T.W Whelan y S.J. Thomson en 1975 por parte de la Flour Engineers And Constructors), el cual utiliza un programa de computadora (FARHDR) que calcula lo siguiente:

- 1). Solución óptima del cabezal de recolección
- 2). Tamaños de las válvulas de relevo-seguridad
- 3). Solución óptima del cabezal de recolección y válvulas de relevo como un sistema combinado.

Por tanto, se obtiene un considerable ahorro económico.

La figura (9.1), describe el mecanismo global del proceso por medio del cual se obtienen los mejores resultados desde el punto de vista costos.

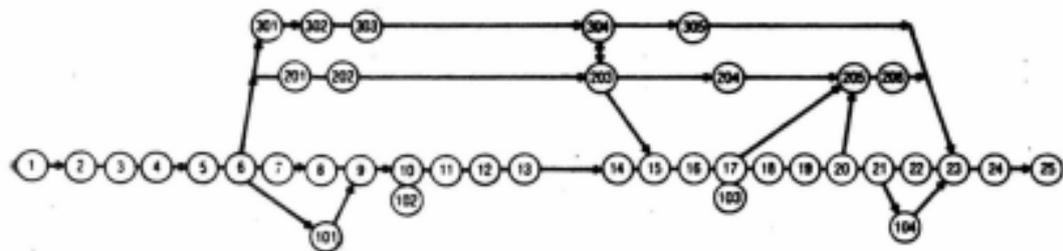


FIG. (9.1)

El costo de un sistema de relevo de presiones aproximadamente de un 2 a un 3% del costo total directo de la refinería, por ejemplo en la creación de una refinería de 160 000 barriles por día, de capacidad efectuada en 1975, el costo del sistema de relevo en dólares fué:

	Material y costo de mano de obra.
1). Tuberías y conexiones	3 800 000 Dls.
2). Válvulas de relevo-seguridad	200 000 Dls.
3). Tanques separadores y agotadores.	160 000 Dls.
4). Chimeneas completas con vapor auxiliar y su instrumentación incluyendo quemadores.	3 000 000 Dls.

El FARHDR es también útil en la determinación de una localización favorable del quemador o quemadores, para obtener el costo mínimo en el cabeza de recolección, por ejemplo la figura (9.2) muestra el efecto que puede tener el tamaño del ca bezal cuando el quemador es colocado de una u otra manera, en distancia entre el punto de más baja -- contrapresión y el quemador; generalmente tiene un efecto significativo sobre el tamaño del quemador.- El esquema (A) fué 40% más caro que el esquema (B); este ejemplo muestra la importancia de la localiza ción del quemador.

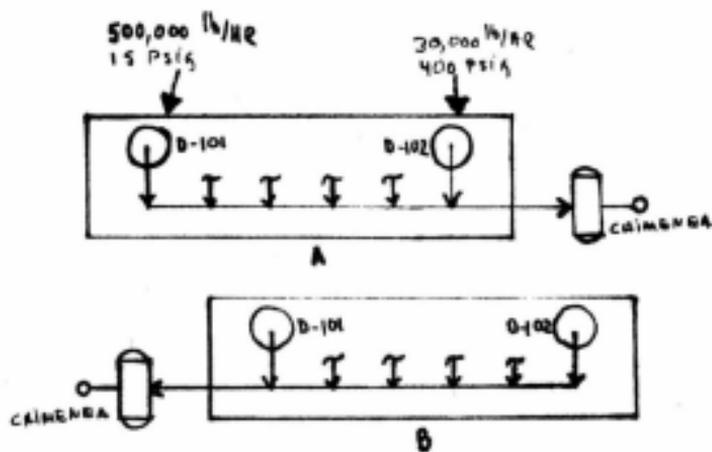


FIG. (9.2)

Lista de actividades para el diseño del sistema de relevo de presión correspondientes a la figura (9.1).

- 1). Diagramas de flujo de proceso finales para cada unidad.
- 2). Se establecen las bases de diseño.
- 3). Se preparan datos para las válvulas de relevo.
- 4). Se preparan los planos de localización general preliminares.
- 5). Se preparan los diagramas de bloque del sistema de relevo.
- 6). Se preparan los diagramas de flujo preliminares, del sistema de relevo de presión.
- 7). Cálculo aproximado del tamaño del cabezal.
- 8). Se colocan las distancias entre las expansiones de la tubería.
- 9). Se preparan los isométricos preliminares de tubería.
- 10). Se corre el programa FARHDR para número y tamaño de los cabezales y tamaños de las válvulas de relevo.
- 11). Checar las proporciones de los recipientes separadores.
- 12). Colocar espacios para la expansión de la tubería encontrados hasta aquí.
- 13). Elaborar plano de localización general con datos obtenidos hasta este paso.
- 14). Cálculo de esfuerzos en tubería.
- 15). Isométrico de la tubería con datos hasta este paso.
- 16). Confirmar la presión destinada.

- 17). Volver a correr con los datos anteriores el programa FARHDR.
 - 18). Checar precios anormales de tubería.
 - 19). Volver a correr el programa FARHDR para precios si es requerido.
 - 20). Preparar diagramas de flujo mecánico.
 - 21). Cálculos finales de esfuerzos en tubería
 - 22). Elaborar el arreglo final de tubería
 - 23). Adquisición de equipo.
 - 24). Entrega de equipo.
 - 25). Erección en campo y pruebas preliminares.
-
- 101.- Cálculo de los tamaños de las válvulas de relevo.
 - 102.- Cálculo de tamaños óptimos para las válvulas de relevo.
 - 103.- Con datos hasta esta parte del proceso, dimensionamiento de las válvulas críticas.
 - 104.- Espacios finales para las válvulas de relevo.
-
- 201.- Determinación, localización y cantidades de los tanques separadores.
 - 202.- Tamaños de tanques separadores; diseño de sellos.
 - 203.- Checar proximidad a la chimenea.
 - 204.- Diseño de soportes y miceláneas
 - 205.- Corroboración final de tanques separadores.

- 206.- Especificaciones de instrumentos, bombas, -
etc.
- 301.- Establecer número y tipos de quemadores.
- 302.- Especificaciones del sistema para menor pro-
ducción de humo en quemadores.
- 303.- Computar altura y diámetro.
- 304.- Ajustar localización y altura para seguri-
dad de trabajadores y equipo.
- 305.- Especificaciones finales de quemadores tipo;
sellos internos; sistema de ignición; siste-
ma de vapor.

CAPITULO NO. X

MATERIALES DE CONSTRUCCION

En este punto del diseño, después de tener la distribución del sistema se determinan los materiales de construcción para la tubería, válvulas, tanques separadores, etc.

Para temperatura inferiores a 50°F se usan aleaciones de acero mientras que para un rango de -20°F a -50°F el material más usado es el acero a prueba de impacto (charpy steel), el cual es acero al carbón con una estructura más fina.

Algunas compañías no permiten el uso de acero al carbón por debajo de 0°F usando acero a prueba de impacto para un rango de 0°F a 50°F . Para temperaturas de -50°F a -150°F el material más utilizado es el acero con 3 1/2 de níquel y para temperaturas menores de -150°F se usa acero inoxidable del tipo 304, algunas veces el costo y la disponibilidad de conexiones de acero con 3 1/2 de níquel hacen que el uso de Al 304 sea una solución más barata.

Existe la tendencia a usar acero al carbón para cabezales a -20°F siempre y cuando la presión no exceda de 5 psig. Los problemas en estas tuberías no solo son la dureza o fragilidad de la pared del tubo de acero al carbón sino el comportamiento de la soldadura a bajas temperaturas cuando está sujeta a esfuerzos compuestos repentinos, por lo que es más aconsejable aunque más difícil la --

disponibilidad utilizar en los ramales de tubería la tubería sin costura.

Los esfuerzos compuestos son debido principalmente, a los gases fríos de alta velocidad cuando el flujo es descargado al cabezal, además del esfuerzo debido a la contracción de la tubería - cuando el gas cambia de temperatura a lo largo de la misma, la mayoría de estos esfuerzos se concentran alrededor de las conexiones soldadas, particularmente en las conexiones te, en donde existen bajas temperaturas, por lo cual el uso de acero al carbón o de acero a prueba de impacto es aceptable solamente en base a un estudio cuidadoso de los esfuerzos en las soldaduras, prestando especial cuidado en la calidad de éstas.



CONCLUSIONES

Para el diseño de un sistema de relevo de -- presión en cualquier planta, el punto más importante es la determinación de los flujos a relevar, ya que éstos son la base para el dimensionamiento del equipo involucrado.

Debido a que esta determinación depende de -- cada planta en especial, es necesario el conoci- -- miento del proceso llevado a cabo y de la experiencia de operación, por lo cual no existe una regla-general y es necesario un estudio detallado de condiciones factibles a suceder en áreas separadas o-totalidad de la planta que afecten a dicho sistema.

Otro factor importante que es necesario con-siderar es la localización de los dispositivos de-relevo, punto que depende también de la peculiari-dad de cada planta, el uso de códigos y prácticas-recomendadas para diseño e instalación de estos -- sistemas se hace imprescindible ya que la experiencia acumulada en éstas nos da una idea y nos sirve de guía para determinar el criterio a seguir.

Por último, el método de cálculo se ha redu-cido por medio de gráficas y ecuaciones derivadas-de conceptos teóricos y prácticos no obstante que-aún no se tenga un método de cálculo que considere los cambios de temperatura que sufre el fluido.

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

PUBLICACIONES

1975.-

- 1). High-Pressure-Trip Systems
for Vessel Protection May-12-81 CH.E.
- 2). Gas/Liquid Separator Boasts Low Pressure
Drop Feb-3-38 CH.E.
- 3). Reduce Relief System Costs Ago-84 H.P.

1974.-

- 1). Smokeless Flares Oct-99 H.P.
- 2). A Simple Leak Detecting for Rupture Disks
May-11- 102 CH.E.
- 3). How to Expand Fired Heatertubes
May-123 H.P.
- 4). Answns to Important Questions About Equipment
Maintenance
Ju-159 H.P.

1973.-

- 1). How to Design a Plant Firewater System
Oct-103 H.P.

1972.-

- 1). Unique Flare System Retards Smoke
Ene-127 H.P.
- 2). Make Profit From Flares
Oct-121 H.P.

- 3). Flare Noise Causes and Cures
Oct-143 H.P.

1971.-

- 1). Control Flare Steam Noise
Feb-140 H.P.
- 2). Pressure-Relief Systems
Feb-22-113 CH.E.

1970.-

- 1). New Relief Valve gas Equations
May-123 H.P.
- 2). A Critical Look at Apirp 521
Nov-209 H.P.
- 3). Estimating Liquid Discharge from Pressurized Containers
Nov-2-126 CH.E.

1969.-

- 1). How to Design Pile-Supported Foundation for Flare Stacks
- 2). How to Design Pressure Relief Systems
Sep-161- H.P.
- 3). API RP 521
- 4). API R.P. 520

1968.-

- 1). Find Radiation Effect of Flares
Jun-119 H.P.

2). Reduce Pollution Using Early Leak Detection
May-149 H.P.

3). Catálogo # 301 CROSBY

1967.-

1). Cut Costs en Flare Stack Design
Sep-139 H.P.

2). Simplified Flare System Sizing
Oct-149 H.P.

3). Flare System Design Simplified
Ene-172 H.P.

1963.-

1). How to Calculate Back Pressures in Vent Linen
Sept-2-83 CH.E.

2). Design Considerations for Pressure-Reliving--
Systems
Jul-8-125 CH.E.

3). Components of Pressure-Relieving Systems
Agosto-19-151 CH.E.

1960.-

1). How to Design Apressure Relief System
Jul-25-109 CH.E.

TEXTOS

- 1). Chemical Eng. Handbook.- J. Perry (4a. Edición)
- 2). Equipement Design Handbook.- Evans
- 3). Applied Process Design for Chemical and petrochemical plants.
- 4). Ingeniería de Proyecto para Plantas de Proceso.- Rase and Barron.

NOTA:

H.P. = Hydrocarbon Processing

CH.E. = Chemical Engineering