

2
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ZARAGOZA"**

**SELECCION, MANEJO Y ESPECIFICACION
DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN
PLANTAS DE PROCESO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

Jorge Alberto Alfaro López

México D. F.

1986



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

	Página
CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
GENERALIDADES	2
2.1) Necesidad del Uso de Dispositivos de Seguridad	2
2.2) Conceptos Empleados en el Manejo de Dispositivos .. de Seguridad.	3
2.3) Causas que Originan Sobrepresión en Equipos de Proceso.	6
CAPITULO III	
CLASIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	8
3.1) Válvulas de Relevo	8
3.1.1) Definición	8
3.1.2) Uso	8
3.1.3) Partes que la Integran	10
3.1.4) Funcionamiento	12
3.2) Válvulas de Seguridad	14
3.2.1) Definición	14
3.2.2) Uso	14
3.2.3) Partes que la Integran	14
3.2.4) Funcionamiento	16
3.3) Válvulas de Seguridad/Relevo	20
3.3.1) Definición	20
3.3.2) Uso	20
3.3.3) Partes que la Integran	22
3.3.4) Funcionamiento	25
3.3.5) Tipos de Válvulas de Seguridad/Relevo	25
3.3.5.1) Válvulas de Seguridad/Relevo Tipo Convencionales ..	26
3.3.5.2) Válvulas de Seguridad/Relevo Tipo Balanceadas	28
3.4) Válvulas de Relevo de Presión Operadas por Piloto ..	30
3.5) Discos de Ruptura	33
3.5.1) Definición	33
3.5.2) Uso	33

	Página
3.5.3) Partes que lo Integran	34
3.5.4) Funcionamiento	34
3.5.5) Tipos de Discos de Ruptura	36
3.5.5.1) Disco de Ruptura Convencional (Prebulged)	36
3.5.5.2) Disco de Ruptura de Pandeo Inverso (Reverse Buckling)	37
3.5.5.3) Disco de Ruptura Metálico con Soporte de Vacío	37
3.5.5.4) Disco de Ruptura Compuesto	39
3.6) Combinación Disco de Ruptura/Válvula de Relevo de .. Presión.	41
 CAPITULO IV	
ESPECIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	44
4.1) Requerimientos Generales	44
4.1.1) Código A S M E	44
4.1.2) Manual A P I	46
4.2) Mecanismos de Relevo	47
4.3) Establecimiento de Relevo o Presión de Ajuste	48
4.4) Cálculo de Masa a Relevar en Condiciones de	50
Sobrepresión.	
4.4.1) Fuego Externo	51
4.4.2) Descarga Bloqueada	59
4.4.3) Falla de Reflujo	61
4.4.4) Falla de Agua de Enfriamiento	64
4.4.5) Falla de Corriente Eléctrica	64
4.4.6) Falla de Controles o de Aire de Instrumentos	65
4.4.7) Ruptura de Tubos en Intercambiadores de Calor	67
4.4.8) Expansión Térmica de Líquidos	68
4.5) Dimensionamiento de los Dispositivos de Seguridad ..	69
4.5.1) Ecuaciones de Diseño para Válvulas de Relevo de Presión.	69
4.5.1.1) Válvulas de Relevo en Servicio Líquido	69
4.5.1.2) Válvulas de Seguridad en Servicio Gas o Vapor	75
4.5.1.3) Válvulas de Seguridad en Servicio Vapor de Agua	83
4.5.1.4) Válvulas de Seguridad para Expansión de Gas por Fuego.	86
4.5.2) Ecuaciones de Diseño para Discos de Ruptura	88

	Página
4.5.2.1) Discos de Ruptura en Servicio Gas	88
4.5.2.2) Discos de Ruptura en Servicio Líquido	88
4.5.2.3) Discos de Ruptura en Servicio Vapor de Agua	89
4.6) Determinación de los Parámetros de Diseño	90
4.7) Selección del Tamaño de Válvulas de Relevo de	98
Presión.	
4.8) Selección del Material de Construcción	100
4.9) Metodología de Cálculo - Hoja de Cálculo	104
 CAPITULO V	
APLICACION	106
5.1) Generalidades Planta FCC	106
5.2) Objetivos del Proceso	107
5.3) Diagrama de Flujo de Proceso	109
5.3.1) Descripción de Flujo	109
5.4) Diagrama de Tubería e Instrumentación	111
5.5) Cálculo de los Dispositivos de Seguridad	112
5.5.1) Notas Generales	112
5.5.2) Hojas de Cálculo	112
5.6) Análisis de Resultados	127
 CAPITULO VI	
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	128
 CAPITULO VII	
BIBLIOGRAFIA	130

C A P I T U L O I

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

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

Se pretende que el presente trabajo sea de utilidad para la selección, manejo y especificación de dispositivos de seguridad en todo tipo de planta de proceso.

La mayoría de los equipos que forman parte de una planta de proceso requieren de sistemas de seguridad, y es aquí donde se hace necesario contar con dispositivos que provean de tan indispensable requerimiento. Debido a ésto, es que existen una serie de dispositivos de seguridad que cubren generalmente este aspecto, y gracias a ellos, una planta puede operar en forma segura y eficaz.

Para poder aprender a apreciar y acometer los problemas que se presentan con los requerimientos de seguridad, en este caso de dispositivos que tienden a minimizar los efectos de sobrepresión que pueden ser dañinos tanto para el personal como para los equipos, es necesario familiarizarse con una serie de principios básicos de diseño de los dispositivos de seguridad, para una aplicación adecuada de los mismos.

La lectura y comprensión de los principios de los dispositivos de seguridad que se tratan, es una tarea relativamente sencilla; la aplicación de dichos dispositivos a diferentes situaciones desconocidas no lo es tanto.

Es por ello que el diseño y la aplicación de dispositivos empleados para cubrir las necesidades de seguridad de una planta de proceso, requiere de un análisis cuidadoso de los procesos tanto físicos como químicos, ya que de ello depende, en buena parte, que el dispositivo instalado opere perfectamente cuando se presente una condición de sobrepresión.

Los principios que gobiernan las condiciones de sobrepresión son, frecuentemente, tan importantes como los que rigen el diseño total de un proceso; la combinación del diseño de un sistema de proceso y el diseño de dispositivos de seguridad, podemos decir que es una de las características distintivas de la ingeniería química.

C A P I T U L O I I

G E N E R A L I D A D E S

GENERALIDADES

La importancia en cuanto al campo de los dispositivos de seguridad ha existido desde siempre, y esto a obedecido sin lugar a dudas a la tendencia de aumentar los niveles de seguridad en toda clase de planta de proceso. Tales dispositivos, entre los cuales se encuentran: Válvulas de Relevo, Válvulas de Seguridad, Válvulas de Seguridad/Relevo y Discos de Ruptura, ofrecen un gran margen de seguridad en todo equipo o línea de proceso. Esto repercute en una mayor confiabilidad para todo el sistema de operación.

Es importante remarcar lo anterior, pues como se sabe, la mayoría de las plantas de proceso están repletas de equipos que son vulnerables a los aumentos de presión, y por lo tanto requieren de dispositivos que se hagan presentes en el momento indicado para minimizar ese exceso de presión, al que generalmente se le conoce con el nombre de sobrepresión.

2.1 NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

La necesidad del uso de dispositivos de seguridad en una planta química, petroquímica o de refinación es esencial. El motivo radica principalmente en los efectos dañinos que puede provocar una sobrepresión, por ser este uno de los riesgos mayores que se presentan por una falla inadvertida de operación o por falla de algún equipo de proceso, y cuyo resultado puede causar daños al personal y pérdida de equipo.

El fenómeno de sobrepresión puede disminuirse por varios medios, como puede ser el uso de un control de presión o mediante un venteo manual, pero el medio más efectivo lo constituye el empleo de un sistema de relevo, del cual los dispositivos de seguridad, ya sean las válvulas de relevo de presión y/o los discos de ruptura, son parte fundamental. El objetivo de un sistema de relevo es disminuir la sobrepresión por medio del desplazamiento de una determinada masa de fluido desde el equipo presionado hacia un lugar en el que se pueda disponer de ella con toda seguridad. Aquí se incluyen especificaciones de los dispositivos empleados para conseguir ésta función, y

asimismo se incluyen especificaciones para el desalojo seguro de los materiales relevados como resultado de la operación. Algunas de estas especificaciones son cubiertas por requerimientos obligatorios. Para otras, ciertas guías han sido desarrolladas y estas se encuentran en códigos y manuales de tipo internacional como son el Código ASME y el Manual API.

2.2 CONCEPTOS EMPLEADOS EN EL MANEJO DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

Para asegurar un entendimiento de los diversos dispositivos de seguridad, es conveniente dar a conocer algunas de las definiciones asociadas con ellos, siendo éstas las siguientes:

VALVULA DE RELEVO DE PRESION:- Término genérico aplicado a válvulas de relevo, de seguridad y de seguridad/relevo.

VALVULA DE RELEVO:- Una válvula de relevo es un dispositivo automático de relevo de presión activada por una presión estática corriente arriba de la válvula, se caracteriza por abrir gradualmente. Es usada principalmente para servicio de líquidos.

VALVULA DE SEGURIDAD:- Es un dispositivo automático de relevo de presión, activada por una presión estática corriente arriba de la válvula y se caracteriza por abrir totalmente cuando su presión de ajuste es alcanzada. Es usada principalmente para servicio de vapor o gas.

VALVULA DE SEGURIDAD/RELEVO:- Dispositivo automático de relevo de presión, activada por una presión estática corriente arriba de la válvula. Se le puede emplear como una válvula de relevo o como una válvula de seguridad.

DISCO DE RUPTURA:- Dispositivo formado por un delgado diafragma sujeto entre dos bridas y diseñado para romper a una predeterminada presión.

PRESION DE OPERACION MAXIMA PERMISIBLE:- La presión de operación máxima permisible de un recipiente a presión, es aquella presión determinada por requerimientos de código, el material de construcción y su temperatura de operación, sobre la cual el recipiente no puede ser operado. Esta es la máxima presión a la cual una válvula puede ajustarse.

PRESION DE OPERACION:- Es la presión a la cual el recipiente opera normalmente. Un recipiente de proceso es usualmente diseñado para una presión de operación máxima permisible, la cual proporcionará un margen

adecuado sobre la presión de operación para prevenir condiciones indeseables de operación. Se sugiere que este margen sea aproximadamente 10% arriba, o de 25 psig, lo que sea mayor.

PRESION DE AJUSTE:- La presión de ajuste, en psig, es la presión de entrada a la cual la válvula de relevo de presión es ajustada para abrir. Esta presión es sin considerar una contrapresión en la descarga de la válvula. Usualmente esta presión iguala pero nunca excede la presión de diseño del equipo que protege.

SOBREPRESION:- Es el incremento de presión sobre la presión de ajuste del dispositivo de relevo. La sobrepresión es lo mismo que la acumulación cuando el dispositivo de relevo es ajustado a la presión de operación máxima permisible del recipiente.

ACUMULACION:- Es el incremento sobre la presión de operación máxima permisible del recipiente durante la descarga a través de la válvula de relevo de presión, expresada como un porcentaje de esa presión en psi.

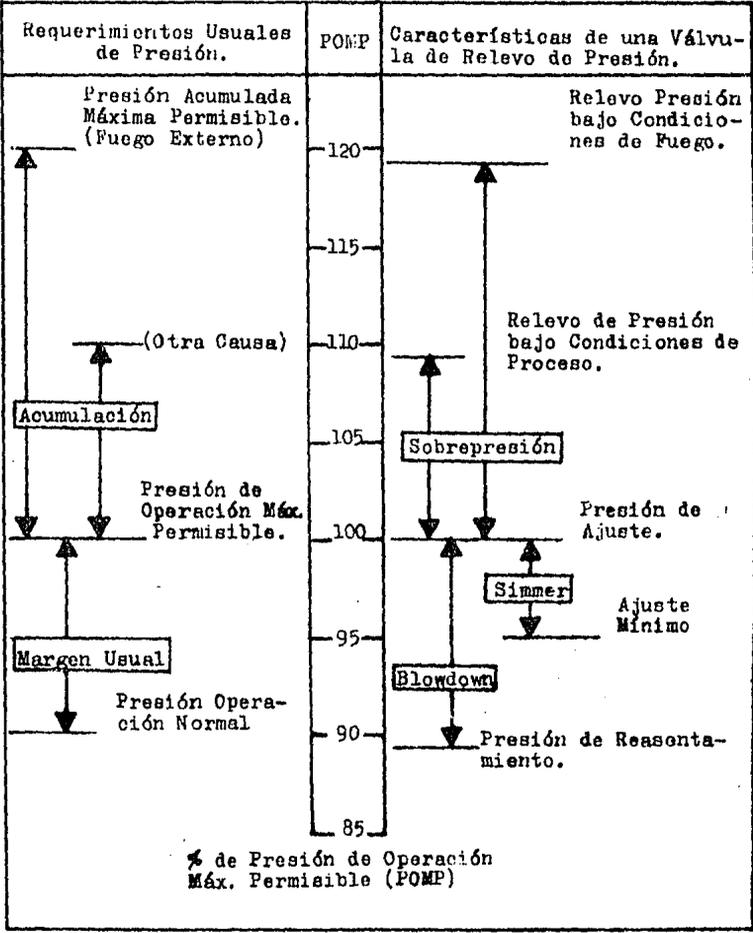
BLOWDOWN:- Es la diferencia entre la presión de ajuste y la presión de reasentamiento de una válvula de relevo de presión, expresada como un porcentaje de la presión de ajuste.

CONTRAPRESION:- Es la presión desarrollada en el lado de la descarga de una válvula de seguridad. Esta presión puede ser generada por el flujo de un fluido a su paso a través de la tubería de descarga de relevo (contrapresión superimpuesta), o puede ser una presión establecida como una parte de una descarga (contrapresión generada o desarrollada), o puede ser una combinación de estas dos.

EMPUJE (LIFT):- Es el levantamiento del disco en una válvula de relevo de presión.

PRESION DE PRUEBA DIFERENCIAL:- Es la presión a la cual la válvula es ajustada para abrir en prueba, incluye las correcciones para condiciones de servicio en contrapresión y/o temperatura.

La Figura 2.1., muestra la relación entre los términos anteriormente definidos, y es de ayuda para aclarar su significado.



E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M

CONDICIONES TÍPICAS DE PRESION.

FIG. 2.1

TESIS PROFESIONAL

2.3 CAUSAS QUE ORIGINAN SOBREPRESION EN EQUIPOS DE PROCESO.

Las causas más comunes de sobrepresión en equipos y líneas de proceso son: Fuego externo, descarga bloqueada, falla de reflujo, falla de agua de enfriamiento, falla de energía eléctrica, falla de control es o de aire de instrumentos, ruptura de tubos en intercambiadores de calor y expansión térmica de líquidos.

Existen por supuesto otras causas que pueden originar una sobrepresión, pero para algunas de estas no existe defensa, tal como el caso de entrada accidental de agua dentro de un recipiente que contenga aceite caliente, una explosión interna, etc. A continuación se explican, con brevedad, las causas de sobrepresión de los casos antes mencionados.

FUEGO EXTERNO:- Es tal vez el agente de mayor peligro que puede provocar una sobrepresión en los equipos de proceso. Si un equipo o recipiente contiene líquido, el calor suministrado ocasionará que una parte o todo el líquido pase a la fase vapor, provocando un aumento de presión.

DESCARGA BLOQUEADA:- Un equipo o recipiente cuya salida o descarga pueda ser bloqueada por cualquier razón y que está recibiendo un fluido a una presión que puede llegar a ser mayor que aquella para la cual se diseñó, tendrá problemas de sobrepresión.

FALLA DE REFLUJO:- En una torre de destilación cuando falla el reflujo ya sea éste parcial o total, el vapor que sale por el domo debido a esta falla tenderá a incrementar la presión del equipo.

FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO:- Cuando falla el agua de enfriamiento en un condensador, aumenta el volumen del vapor debido a que no existe una condensación adecuada y esto provoca un aumento de presión.

FALLA DE ENERGIA ELECTRICA:- Cuando se presenta falla de energía eléctrica, y equipo que es accionada por ella deja de funcionar, se deberá esperar un aumento de presión.

FALLA DE CONTROL:- Si se trata de la falla de válvulas de control, ya sea por falta de energía eléctrica o por falla de aire de instrumentos, la sobrepresión se puede presentar sobre todo en válvulas con gran caída de presión y que al fallar queden abiertas, lo que seguramente

provocará una sobrepresión corriente abajo de la válvula.

RUPTURA DE TUBOS:- Si un tubo de un intercambiador de calor se fractura o presenta fuga, debido a que la presión de operación de uno de los lados es mayor que la presión de diseño del otro lado, se presentará sobrepresión por el lado de la coraza del equipo debido a la alta presión del fluido, esta sobrepresión se puede extender al sistema asociado con este equipo.

EXPANSION TERMICA DE LIQUIDOS:- Si un líquido llena por completo al recipiente contenedor y existe una fuente de calor próxima, la tendencia a expandirse del líquido se traducirá en un enorme aumento de presión, debido a que el volumen es constante.

Una vez dadas las causas que principalmente originan sobrepresión en equipos de proceso, no se profundizó a fondo debido a que esto se verá con todo detalle en el Cap. IV., es interesante examinar el caso donde se presenten simultaneidad de fallas.

La práctica común de todos los diseñadores es la de no diseñar con la consideración de que existen dos fallas simultáneas, ya que en la práctica es realmente difícil que suceda.

Cuando se da el remoto caso de dos fallas simultáneas, siempre se encuentra que una de ellas ha sido consecuencia de la otra, por ejemplo: Cuando el agua de enfriamiento es suministrada por bombas operadas por motor eléctrico, la falla de energía eléctrica -- trae como consecuencia la falla de agua de enfriamiento. Sin embargo cuando la falla subsecuente tiene lugar después de un lapso de tiempo que permita la acción correctiva de los operadores, sólo debe considerarse la falla primaria. En el caso de que definitivamente sí haya posibilidad de dos causas simultáneas, el dispositivo de relevo se ha de diseñar para la causa que requiera mayor masa relevada.

C A P I T U L O I I I

CLASIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

CLASIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

La variedad existente de los dispositivos de seguridad hace que sea necesaria una clasificación de los mismos con el objeto de poder apreciar en forma más específica sus características, para que en base a ello se tenga una panorámica más amplia del campo en el cual pueden aplicarse y al mismo tiempo facilitar su elección cuando ésta sea requerida. Así se tiene que los dispositivos de seguridad se clasifican en:

- Válvulas de Relevo.
- Válvulas de Seguridad.
- Válvulas de Seguridad/Relevo.
- Discos de Ruptura.

3.1 VALVULAS DE RELEVO.

3.1.1 DEFINICION:

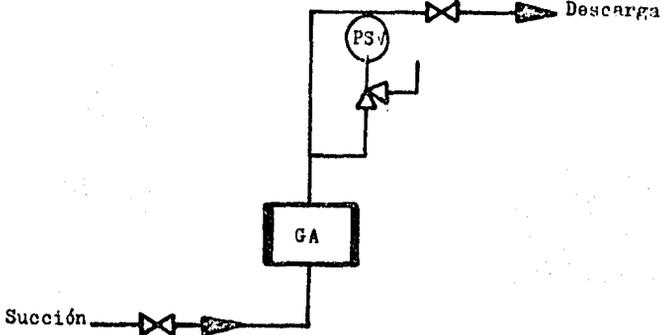
Una válvula de relevo es un dispositivo automático de relevo de presión, activada por una presión estática de una corriente de proceso, dicho dispositivo abrirá gradualmente al registrar un incremento en la presión sobre la presión de ajuste.

3.1.2 USO:

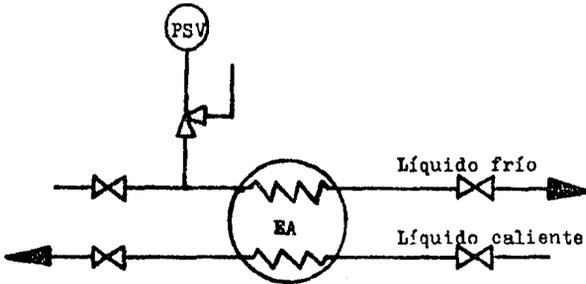
Las válvulas de relevo son empleadas generalmente para servicio líquido, como es el caso de válvulas usadas en la descarga de bombas de desplazamiento positivo, con el propósito de prevenir expansiones térmicas de líquidos en líneas que puedan ser bloqueadas y estén expuestas a radiación solar u otra fuente de calor.

El arreglo para este tipo de equipos se muestra en la Figura 3.1a., asimismo estos dispositivos son empleados frecuentemente en intercambiadores de calor, en los cuales el fenómeno de expansión térmica se presenta al existir bloqueo en la descarga. La Figura 3.1b., muestra el arreglo para este tipo de equipo.

Generalmente el relevo en estos dispositivos es conseguido a un 25% de sobrepresión. Las válvulas de relevo no son adq



(a).- Bomba de desplazamiento positivo protegida con una válvula de relevo.



(b).- Intercambiador de calor protegido con una válvula de relevo por el lado frío.

ARRREGLO DE VALVULAS DE RELEVO	FIG. 3.1	E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
		TESIS PROFESIONAL

cuadas para servicio de polímeros, debido a que el polímero tiende a _ bloquear con frecuencia la válvula, lo que inutiliza su funcionamiento.

3.1.3 PARTES QUE LA INTEGRAN:

La mayoría de las válvulas de relevo son peque -- ñas, teniéndolo como característica principal el poseer conexiones rosca das, así como presentar bonetes cerrados. Las partes principales se - muestran en la Figura 3.2., de estas partes cabe destacar por su impor tancia en el funcionamiento de la válvula a las siguientes:

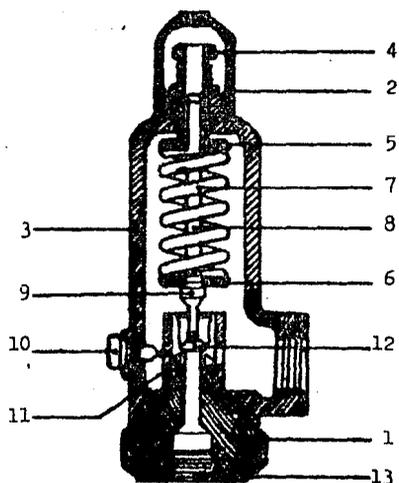
RESORTE:- Se puede decir que el resorte es una de las partes fundamen tales de la válvula. Su objetivo es el de mantener cerrada la válvula, lo cual se logra por la compresión que ejerce el resorte sobre el dis co, lo que provoca que éste selle la entrada a la válvula.

DISCO:- El disco es la parte de la válvula que bloquea la entrada a la misma, permanece en esta posición cuando no se encuentra en servicio y tiende a elevarse sobre su asiento, en este caso la boquilla de entra da, cuando una presión mayor a la que lo comprime contra el propio -- asiento se hace presente.

ARBOL:- El árbol o eje es la parte de la válvula mediante la cual el _ resorte es fijado por medio de dos sujetadores, superior e inferior, _ lo que hace que el resorte permanezca estable.

TORNILLO DE AJUSTE:- Permite ajustar el disco al asiento de la válvu - la mediante una aguja que presiona a la guía del mismo. Su ajuste esta rá de acuerdo a los requerimientos de la presión de ajuste.

PERNO DE AJUSTE:- El perno de ajuste ó de compresión es la parte de la válvula que permite aumentar o disminuir la compresión que ejerce el _ resorte, el ajuste de este perno va a estar de acuerdo a las necesida des de presión de ajuste que sean requeridas.



Núm.	Nombre
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Bonete
4	Tornillo de compresión
5	Sujetador sup. del resorte
6	Sujetador inf. del resorte
7	Resorte
8	Arbol ó eje
9	Poseionador del disco
10	Tornillo ajuste
11	Güfa
12	Disco
13	Boquilla.

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

PARTES DE UNA VALVULA DE
RELEVOFIG.
3.2

TESIS PROFESIONAL

3-1.4 FUNCIONAMIENTO:

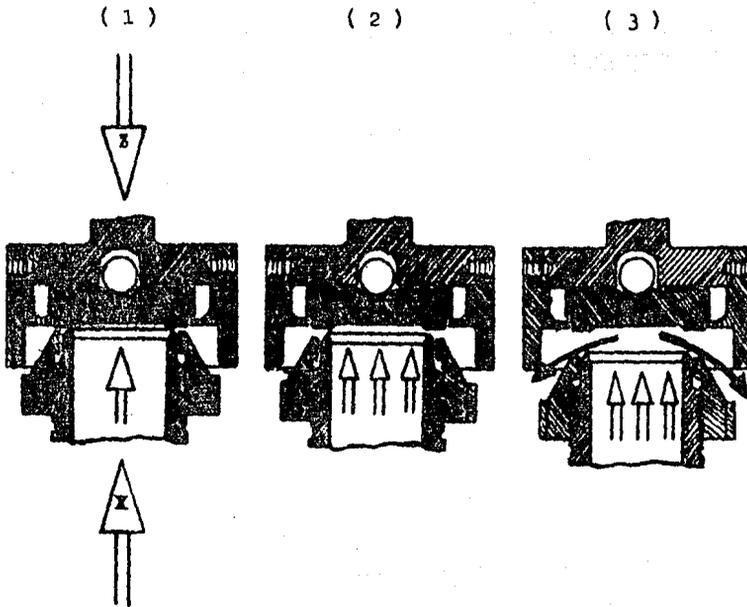
Las válvulas de relevo se caracterizan en su funcionamiento por su respuesta a la sobrepresión. La apertura de estos dispositivos se incrementa gradualmente con un incremento en la presión sobre el punto de ajuste, hasta abrir completamente cuando es alcanzada la magnitud de la presión de ajuste, produciéndose aquí que la válvula releve a toda su capacidad, aliviando de esta forma la sobrepresión que provocó su funcionamiento. Una vez normalizadas las condiciones de operación, la válvula vuelve a cerrar automáticamente.

En forma esquemática, véase la Figura 3.3., el funcionamiento de una válvula de relevo es el siguiente:

POSICION (1):- La compresión del resorte tiende a mantener cerrada la válvula. La presión del fluido, actuando sobre el área del disco limitada por la superficie del asiento, tiende a abrir la válvula.

POSICION (2):- Cuando la presión X comienza a incrementarse, aproximándose a la presión Z ejercida por el resorte, el disco de la válvula tiende a elevarse, tratando de vencer la compresión del resorte, la válvula empieza a abrir.

POSICION (3):- La presión ejercida se encuentra al máximo lo que origina que la válvula abra completamente, descargando a su máxima capacidad.



FUNCIONAMIENTO DE UNA VALVULA
DE RELEVO

FIG.
3.3

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

3.2 VALVULAS DE SEGURIDAD

3.2.1 DEFINICION:

Una válvula de seguridad es un dispositivo automático de relevo de presión, activada por una presión estática de una corriente de proceso, dicho dispositivo se caracteriza por abrir totalmente (acción "pop") en el momento en que su presión de ajuste es alcanzada.

3.2.2 USO:

Las válvulas de seguridad son empleadas generalmente para servicio de vapor o gas. Debido a esto, su uso es común en equipos tales como: Compresores, calentadores a fuego directo, turbogeneradores, rehervidores, domos de calderas, etc.

El relevo en estos dispositivos es conseguido a un 3, 10 o 20% de sobrepresión, dependiendo del código aplicado. Su uso está restringido cuando es imperativo depresurizar completamente el sistema o cuando la velocidad con que se espera la elevación de presión es grande, como es el caso de una explosión interna, donde se requiere un relevo inmediato. En general estos dispositivos no deberán emplearse en:

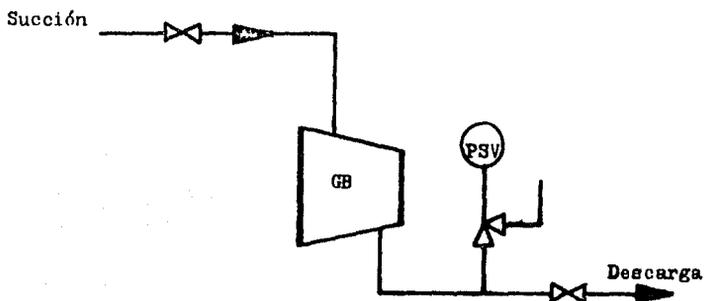
- Servicio corrosivo.
- Cuando la descarga deba ser conducida por tubería a un lugar distante.

En la Figura 3.4., se puede observar el arreglo de válvulas de seguridad en equipos tales como compresores y calentadores a fuego directo.

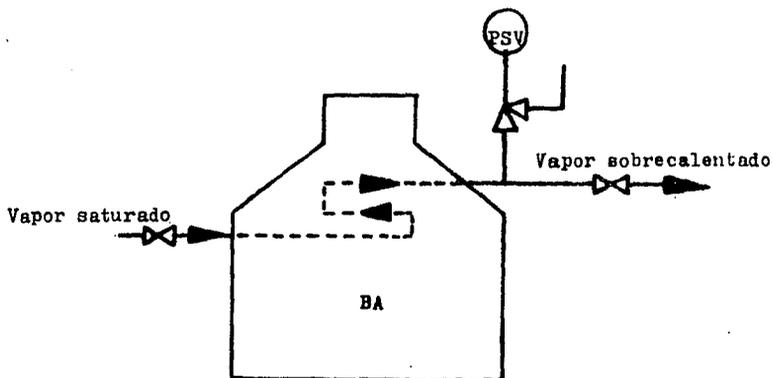
3.2.3 PARTES QUE LA INTEGRAN:

Las válvulas de seguridad generalmente presentan las características siguientes:

- Conexiones de entrada bridadas o soldadas.
- Resorte expuesto (bonete descubierto)
- Palanca de elevación (como medio de prueba).



(a).- Válvula de seguridad como protección a la descarga de un compresor.



(b).- Arreglo de una válvula de seguridad en un calentador a fuego directo.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
ARREGLO DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD	FIG. 3.4	TESIS PROFESIONAL

Las partes principales se muestran en la Figura 3.5., en ella se puede observar que las partes que difieren, en comparación con las válvulas de relevo, son las siguientes:

YUGO:- El yugo viene a ser la parte de la válvula que sirve de unión y fijación del cuerpo de la válvula y del tornillo de compresión respectivamente. El objetivo principal de esta parte es el de brindar estabilidad y alineación correcta de las partes de trabajo de la válvula.

ENGRANAJE DE LEVANTAMIENTO:- El juego de sus engranes permite que la palanca de prueba pueda ser manipulada fácilmente, además de permitir ajustar la palanca a cualquier posición deseada.

PALANCA DE PRUEBA:- Esta parte de la válvula sirve principalmente para efectuar pruebas periódicas o cuando se quiere evitar congelamiento del asiento, ésto se logra mediante el levantamiento de la palanca, lo que hace que la válvula entre en servicio.

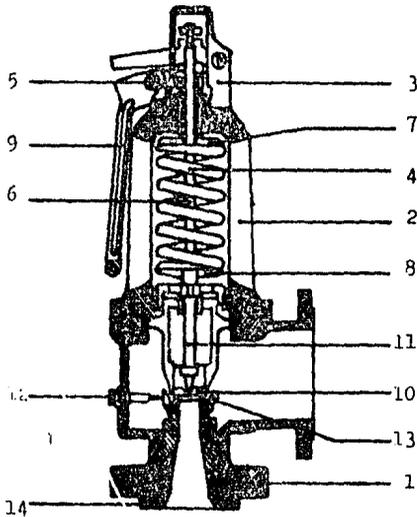
3.2.4 FUNCIONAMIENTO:

Las válvulas de seguridad, al igual que las de relevo, también se caracterizan en su funcionamiento por su respuesta a la sobrepresión. La apertura de estos dispositivos es total cuando el valor de la presión de ajuste es alcanzado y permanece completamente abierta hasta que la presión desciende a una cantidad predeterminada (conocida como blowdown), punto al cual cierra en forma completa. Esta acción sólo ocurre cuando se manejan fluidos compresibles, para los cuales estas válvulas son empleadas.

Es importante tomar en consideración el efecto que tiene la contrapresión en el funcionamiento de estos dispositivos, ya que al presentarse afecta la presión de ajuste de la válvula, originando que la apertura se logre a un valor mayor a la que ha sido ajustada, lo que puede provocar un accidente.

En forma esquemática, el funcionamiento de las válvulas de seguridad sigue la secuencia dada en la Figura 3.6., siendo su explicación la siguiente:

(a):- La presión de entrada es la normal del sistema en operación, la cual está usualmente 10% por debajo de la presión de ajuste o la



Núm.	Nombre
1	Cuerpo
2	Yugo
3	Engranaje de levantamiento
4	Resorte
5	Tornillo de com - presión
6	Arbol ó eje
7	Sujetador sup. del resorte
8	Sujetador inf. del resorte
9	Palanca de prueba
10	Disco
11	Poseionador del disco
12	Tornillo de ajuste
13	Gufa
14	Boquilla.

E.N.E.P "ZARAGOZA"

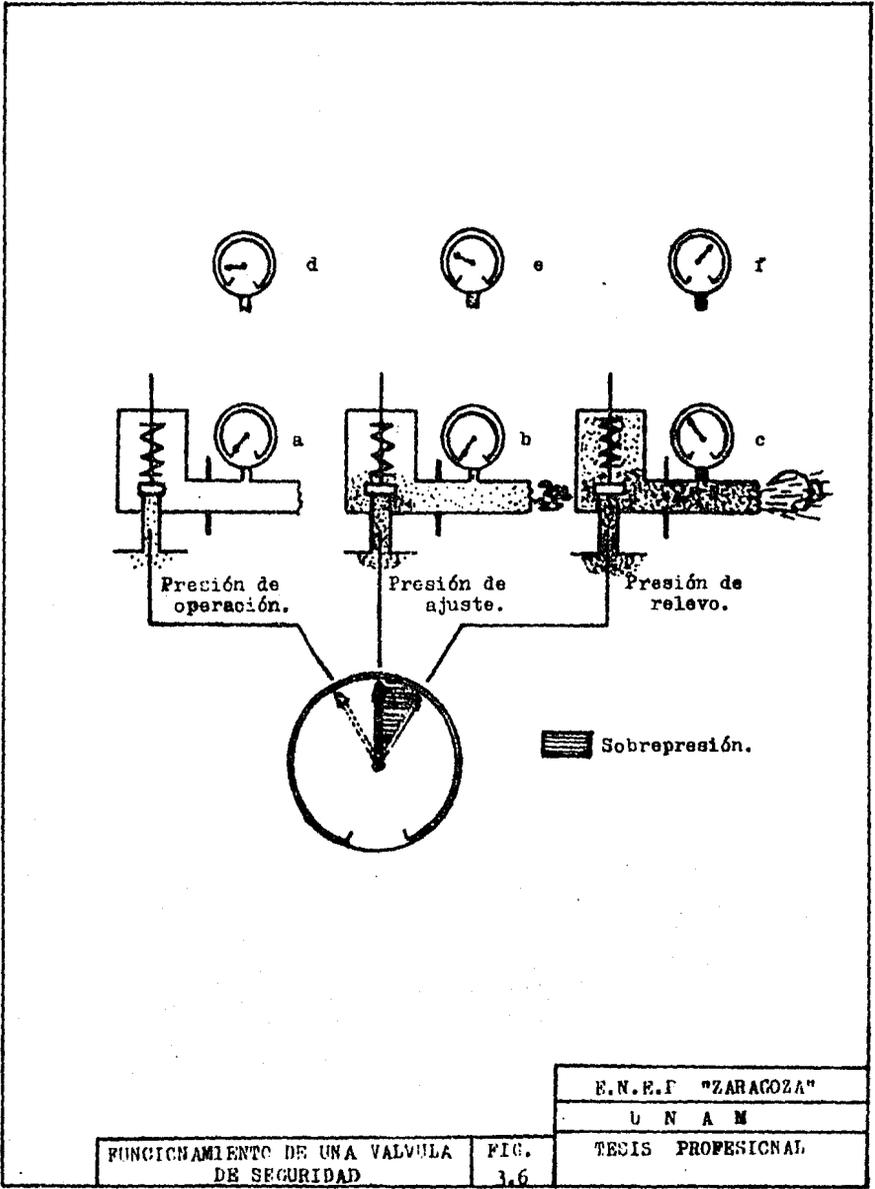
U N A M

PARTES DE UNA VALVULA DE
SEGURIDADFIG.
3.5

TESIS PROFESIONAL

presión de reasentamiento de la válvula. El diagrama indica que la válvula está cerrada y no existe flujo a través de ella, consecuentemente la contrapresión es cero.

- (b):- La presión de entrada es igual a la presión de ajuste de la válvula, la válvula abre muy lentamente, dejando escapar una cantidad pequeña de flujo, lo cual es conocido como efecto de ebullición (simmer).
- (c):- La presión de entrada es igual a la presión de relevo, la cual es la presión de ajuste más la sobrepresión, la válvula abre completamente y descarga a su máxima capacidad, generando una contrapresión.
- (d):- Presión de entrada (como condición de a) pero con contrapresión presente en la tubería de descarga, definida como contrapresión superimpuesta.
- (e):- Presión de entrada (como condición de b) pero con contrapresión superimpuesta.
- (f):- Presión de entrada (como condición de c), la contrapresión se incrementa debido al flujo a través de la válvula, definida como contrapresión superimpuesta más contrapresión generada.



FUNCIONAMIENTO DE UNA VALVULA DE SEGURIDAD

FIG. 3.6

E.N.E.F "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

3.3 VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO.

3.3.1 DEFINICION:

Una válvula de seguridad/relevo es un dispositivo automático de relevo de presión, activada por una presión estática de una corriente de proceso, se caracteriza por un ajuste que permite a dicho dispositivo una apertura total (cuando releva vapor o gas) o una apertura adecuada para el relevo de un líquido.

3.3.2 USO:

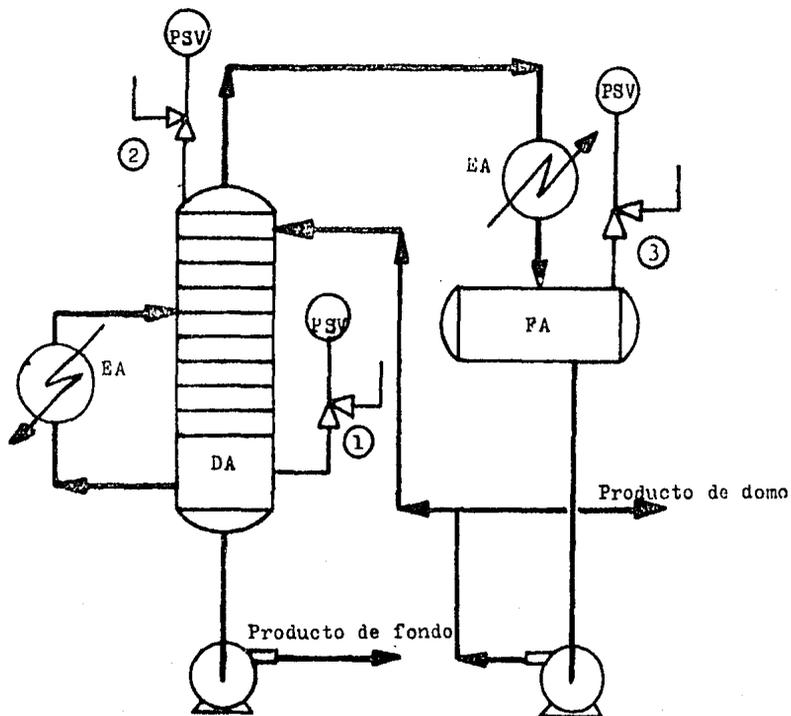
Las válvulas de seguridad/relevo se emplean para servicios de vapor, gas y líquido, y es probablemente el tipo de válvula más empleado en plantas químicas, petroquímicas y de refinación. El relevo es conseguido a un 3% 10% de sobrepresión, dependiendo del código aplicado y/o las condiciones de proceso. Es adecuada para usarse como una válvula de relevo o como válvula de seguridad, su uso sólo está restringido para el manejo de fluidos sobrecalentados, donde es mejor el uso de una válvula de seguridad.

Debido a su versatilidad las válvulas de seguridad/relevo son comunmente usadas en equipos de proceso como son las torres de fraccionamiento. La localización de la válvula en una torre puede ser influenciada por el tamaño de la propia válvula, así como por la presión disponible del diseño del sistema de relevo.

La Figura 3.7., muestra varias posiciones en las cuales se puede colocar el dispositivo.

La posición 1 es usada en torres diseñadas para operar a baja presión tanto en el fondo como en el domo. Esto es para mantener la caída de presión estable en la sección transversal de la torre. El dispositivo actúa en este caso como válvula de relevo, aunque también es ajustada para el relevo de vapor, para de esta forma asegurar tanto el servicio de líquido como de vapor.

La posición 2 es preferida cuando la torre va a relevar a la atmósfera. Esta práctica es usual cuando se releven gases de bajo peso molecular, o cuando la dispersión es tal que el vapor está fuera del rango de flamabilidad antes de alcanzar una elevación ba



POSICIONES ALTERNATIVAS DE VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO.

FIG. 3.7

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

ja, lo suficiente como para ser peligrosa.

Finalmente la posición 3 es usualmente preferida cuando la válvula de seguridad/relevo está sujeta a un sistema de relevo cerrado, es decir, cuando el fluido relevado no debe entrar en contacto con la atmósfera, sino que debe ser conducido hacia un lugar adecuado, donde se disponga con seguridad de la masa relevada.

3.3.3 PARTES QUE LA INTEGRAN:

Las partes que integran una válvula de seguridad/relevo se muestran en la Figura 3.8., como puede observarse, las partes que la forman no difieren en mucho de las válvulas ya vistas, pero más adelante se verá que poseen características muy especiales en cuanto a la clasificación de estos dispositivos, y básicamente en cuanto al funcionamiento y uso que se les da.

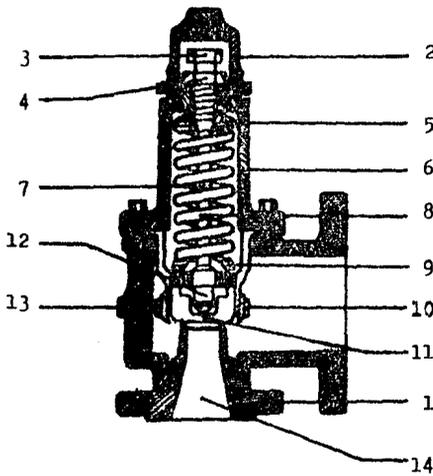
Las válvulas de seguridad/relevo presentan a menudo diferentes tipos de boquilla, se tiene por ejemplo que existen válvulas que presentan una boquilla modificada ó semiboquilla (Figura 3.9a) y otras que presentan una boquilla completa (Figura 3.9b) .

La semiboquilla se encuentra en las válvulas de hierro colado y va roscada dentro del cuerpo de la válvula, en tanto que la boquilla completa es común en válvulas de acero, en donde las conexiones son bridadas, y es la parte de la válvula que está en contacto con el proceso.

La boquilla completa puede tener una área de descarga u orificio más pequeña que el área de entrada a la brida, lo que se traduce en mayor velocidad y mayor energía cinética para conseguir la apertura total.

Cuando se quiere evitar con elamiento del asiento y cuando es necesario efectuar pruebas periódicas, las válvulas de seguridad/relevo deben ser especificadas con palanca de prueba, ya sea del tipo plana (Plain lever) o del tipo empacada (Packed lever).

La palanca plana se utiliza en sistemas abiertos a la atmósfera (bonete abierto), pero no es recomendable usarla donde la contrapresión está presente. El Código ASME, Sección VIII Párrafo UG-135a.3, recomienda el uso de ésta palanca para aire, vapor o agua .



Núm.	Nombre
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Perno de ajuste
4	Tuerca del perno
5	Sujetador superior del resorte
6	Bonete
7	Arbol ó eje
8	Resorte
9	Sujetador inferior del resorte
10	Guía
11	Disco
12	Poseionador del disco
13	Tornillo de ajuste
14	Soquilla.

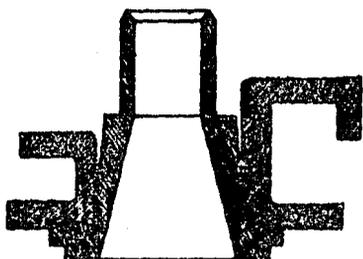
PARTES DE UNA VALVULA DE
SEGURIDAD/RELEVO

FIG.
3.8

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL



A.- Semiboquilla



B.- Boquilla completa

TIPOS DE BOQUILLA EN VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO
--

FIG. 3.9

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

de calderas, aunque también es utilizada para gas inerte.

En cuanto a la palanca empacada, se tiene que ésta se emplea cuando el escape a la atmósfera de vapor o gas de una válvula abierta es indeseable.

3.3.4 FUNCIONAMIENTO:

La válvula de seguridad/relevo está actuada por la presión ejercida contra el disco. El disco se mantiene cerrado contra el asiento debido a la presión ejercida por un resorte, cuando la presión bajo el disco aumenta, y la fuerza provocada por esa presión iguala la fuerza ejercida por el resorte, la válvula empieza a abrir. Cuando el fluido que se está relevando es un gas o vapor, la expansión provocada al descender la presión, permite que una cantidad adicional de fuerza dinámica se ejerza bajo el disco, de modo que la válvula abre repentinamente (acción "pop").

En servicio líquido, la apertura inicial de la válvula se logra sólo con la fuerza de la presión bajo el disco, que vence la fuerza ejercida por el resorte. Dado que el líquido no se expande cuando su presión se reduce, no existe la fuerza dinámica adicional que estimule la acción "pop", por lo que las válvulas que operan en servicio líquido requieren una mayor sobrepresión (25%) para lograr una total apertura.

Para mantener la válvula abierta se necesita un mínimo de 25 a 30% del flujo máximo de la válvula, dado que un flujo menor que el indicado dará como resultado que la válvula abra y cierre rápidamente, con un efecto de castaño (chattering) que durará hasta que baje la presión del equipo o línea protegido ó hasta que la válvula se destruya.

3.3.5 TIPOS DE VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO:

Las válvulas de seguridad/relevo comunmente empleadas se clasifican en:

CONVENCIONALES:- Las cuales son afectadas por la contrapresión.

BALANCEADAS:- En las cuales los efectos de la contrapresión no son muy considerables.

3.3.5.1 VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO TIPO CONVENCIONALES:

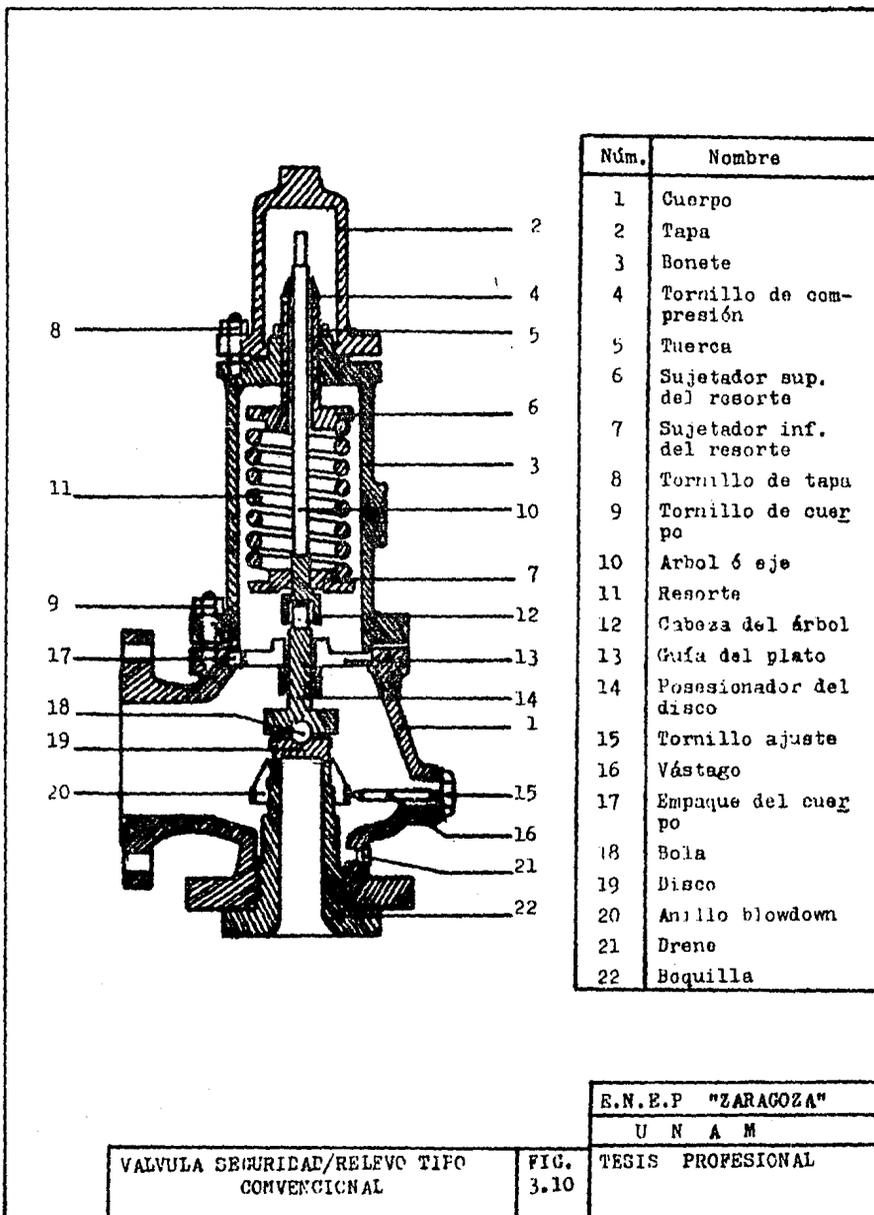
Como ya se ha establecido anteriormente, la contrapresión es el efecto que va a producir fallas en este tipo de válvulas. La contrapresión puede ser una presión continua en la descarga (conocida como superimpuesta), o una presión formada por la misma descarga del fluido relevado en la boquilla de salida (generada).

El primer tipo de contrapresión (superimpuesta) es la que afecta en forma más importante el funcionamiento de las válvulas convencionales, ya que altera el valor de la presión de ajuste de la válvula.

Una característica principal de estas válvulas es que operan satisfactoriamente sólo cuando existe una contrapresión constante, por ello es que en la práctica las válvulas cuya descarga es a la atmósfera son del tipo convencional, ya que de lo contrario, si existen variaciones en la contrapresión, la presión de ajuste así como la capacidad de flujo serán afectados seriamente.

En general se tiene que las válvulas tipo convencional (Figura 3.10), podrá ser usada para todas las aplicaciones en las cuales existan tuberías individuales de descarga que posean longitudes cortas, ya que esto asegura ausencia de contrapresión. Además para permitir el funcionamiento adecuado de las válvulas, la caída de presión en la descarga no deberá exceder el 10% de la presión de ajuste de la válvula. Asimismo, cuando una válvula está descargando dentro de un sistema en el cual se haga presente una contrapresión, el dispositivo deberá ser ajustado para que el relevo se efectúe sin problema alguno. Este ajuste se hace a la diferencia entre la presión de entrada y salida de la válvula, es decir: Si la presión de entrada es de 150 psig y la contrapresión de 25 psig, esto significa que el resorte deberá ser ajustado para dar una presión de ajuste de 125 psig, con lo que la válvula abrirá a la presión correcta de servicio.

Las válvulas convencionales usualmente son de tipo cerrado, lo cual da protección al resorte, además de prevenir la posible fuga de fluido cuando la válvula se encuentra en servicio.



3.3.5.2 VALVULAS DE SEGURIDAD/RELEVO TIPO BALANCEADAS:

A diferencia de las válvulas convencionales, las válvulas tipo balanceadas presentan características que hacen que los efectos de la contrapresión sean mínimos.

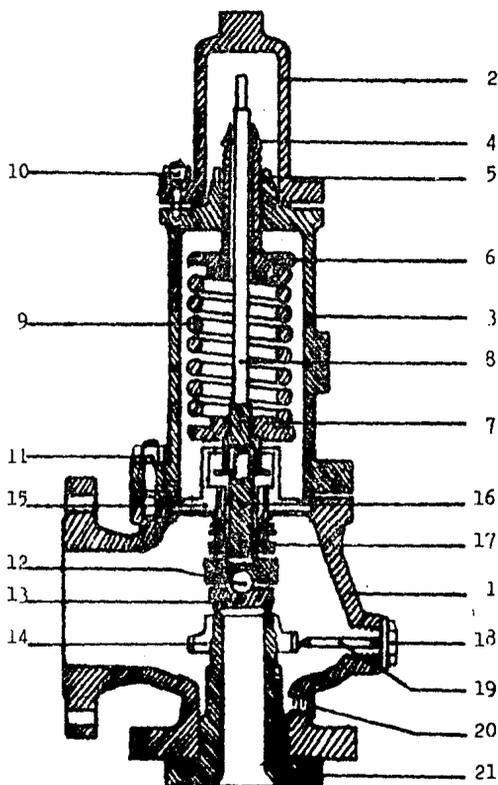
La contrapresión creada por la descarga de un fluido afecta la capacidad de descarga de cualquiera de los dos tipos de válvulas, aunque en relación diferente; ya que en las válvulas convencionales, cuando esta contrapresión alcanza un 10% de la presión de ajuste, la válvula es marcadamente afectada, mientras que las válvulas balanceadas pueden mantener sus capacidades de descarga hasta que la contrapresión alcance un valor aproximado al 40 ó 50% de la presión de ajuste. Debido a esto, el uso de válvulas balanceadas permite tolerar contrapresiones mayores, lo que es ideal para el uso de cabezales de recolección de material relevado.

Las válvulas balanceadas se encuentran disponibles en dos clases: De disco balanceado y de fuelles balanceados, siendo la de uso más común la de fuelles balanceados (Figura 3.11).

Es importante tomar en consideración las contrapresiones altas, mismas que no pueden ser soportadas por estos dispositivos, debido a que reducen la capacidad de la válvula y aumentan la presión de apertura inicial, provocando también el castaño que puede destruir la válvula.

Las válvulas balanceadas pueden usarse:

- En servicios generales de refinería, para gases, vapores, líquidos, aire y vapor de agua, donde la contrapresión es constante o variable.
- En servicio de fluidos muy viscosos.
- En servicio de descarga de bombas.
- En servicio corrosivo, ya que el tipo de fuelle balanceado evita el contacto del fluido en las guías de la válvula, previniendo que se atasquen las partes en contacto.



Núm.	Nombre
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Bonete
4	Tornillo de compresión
5	Tuerca
6	Sujetador sup. del resorte
7	Sujetador inf. del resorte
8	Arbol ó eje
9	Resorte
10	Tornillo de tapa
11	Tornillo de cuerpo
12	Bola
13	Disco
14	Anillo blowdown
15	Guía
16	Posesionador de disco
17	Fuelles
18	Tornillo ajuste
19	Vástago
20	Drene
21	Boquilla.

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TMSIS PROFESIONAL

VALVULA SEGURIDAD/RELEVO TIPO
BALANCEADAFIG.
3.11

3.4 VALVULAS DE RELEVO DE PRESION OPERADA POR PILOTO:

Este otro tipo de válvula tiene por característica el ser operada por piloto y es frecuentemente utilizada cuando se desea mantener la presión de ajuste cercana a la presión de operación del equipo o línea protegido. Esta característica permite ahorros en los sistemas de alta presión, como son los gasoductos.

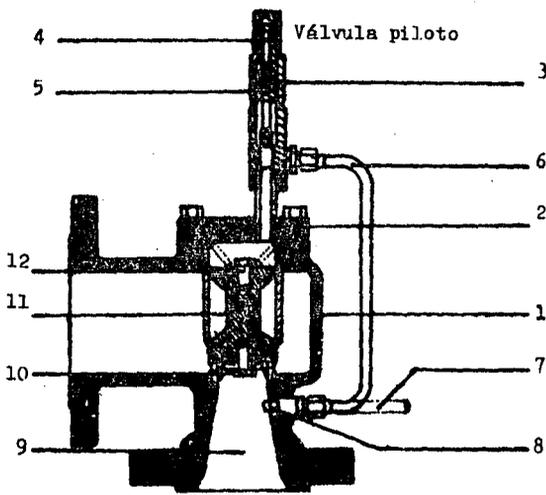
Su uso está restringido a fluidos muy viscosos como lodos o polímeros, debido a que tales sustancias tienden a bloquear la válvula piloto. Asimismo debido a que su construcción tipo anillo "O" tiene limitación de 350 °F, no es recomendable para temperaturas mayores a ésta.

Este tipo de válvula se caracteriza por estar compuesta por dos válvulas, una válvula principal y una válvula piloto. La válvula principal emplea un pistón que tiene mayor área en el lado de la descarga que en el lado de la entrada, en tanto que la válvula piloto, cargada con resorte (véase Figura 3.12), carga la cara superior del pistón con gas, vapor ó líquido del proceso a la presión del mismo. Debido a este arreglo, la cara superior del pistón tiene la misma presión que la cara inferior, y la mayor área del lado superior desarrolla una fuerza mayor que mantiene al pistón cerrado contra el asiento. De esta manera, la válvula principal aumenta su sellado conforme aumenta la presión del lado del proceso, por lo que la presión de ajuste puede ser ligeramente superior a la presión de operación sin problemas de fugas o castañeos.

Cuando la presión de operación iguala o excede la presión de ajuste, la válvula piloto releva y evacúa parcialmente el fluido que sobrepresiona el pistón. Al perder la carga el pistón, la presión en la cara inferior lo levanta y la válvula abre a toda su capacidad. Cuando la presión desciende hasta el valor especificado (conocido como blowdown), el piloto se cierra y vuelve a cargar con fluido de proceso la parte superior del pistón, provocando que la válvula principal cierre con un sellado efectivo.

La versatilidad de este tipo de válvula radica principalmente en las características siguientes:

- Con la tubería adecuada, puede operarse remotamente el "blowdown" del sistema.
- Al montar el piloto cerca del equipo protegido puede colocarse la válvula principal a una distancia considerable, ya que el piloto no es afectado por la caída de presión.
- Las válvulas operadas por piloto están diseñadas para soportar contrapresiones tan altas como 90% cuando se suministran con la conexión de salida adecuada, lo cual las hace ideales para protección en descargas de compresores reciprocantes multipasos.



Válvula piloto

Válvula principal

Núm.	Nombre
1	Cuerpo
2	Tapa
3	Bonete
4	Tornillo de ajuste
5	Resorte
6	Tubo de suministro
7	Tubo de suministro para localización remota
8	Tubo colector
9	Boquilla
10	Sostén del asiento
11	Pistón
12	Tornillo de ajuste.

E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M

VALVULA DE RELEVO DE PRESION
OPERADA POR PILOTO

FIG.
3.12

TESIS PROFESIONAL

3.5 DISCOS DE RUPTURA.

3.5.1 DEFINICION:

Un disco de ruptura es un del ado diafragma (metálico, no metálico o plástico) sujeto entre dos bridas y diseñado para romper a una determinada presión.

3.5.2 USO:

Los discos de ruptura son empleados en servicio tóxico, corrosivo, así como en servicios en los cuales las válvulas de relevo, se uridad y seguridad/relevo no son adecuadas, tales como en donde exista riesgo de explosiones internas o en servicio de polímeros donde las válvulas pueden sufrir bloqueo.

Generalmente el principal uso de los discos de ruptura está en la prevención de daños que puedan ocasionar las explosiones internas en equipos, ya que su respuesta al aumento de presión es inmediata. Además pueden funcionar con presiones de relevo muy altas (arriba de 100 000 psig) o muy bajas (abajo de 2 psig), y con gastos volumétricos que sobrepasan con mucho la posibilidad de las válvulas.

Por otro lado, los discos de ruptura pueden ser empleados como dispositivos de relevo secundario, donde las válvulas de relevo de presión efectúan el relevo primario. Es común también utilizar discos de ruptura colocados corriente arriba y/o corriente abajo de las válvulas de relevo de presión.

La colocación del disco corriente arriba de la válvula es elegida cuando se prevee que el fluido manejado puede ocasionar corrosión en los internos de la válvula, lo que afectará su funcionamiento. En cuanto a la colocación del disco corriente abajo, se tiene que su objetivo es el evitar que alguna contrapresión superior puesta afecte la presión de ajuste de relevo de la válvula.

3.5.3 PARTES QUE LO INTEGRAN:

Las partes que integran un disco de ruptura básicamente consisten de un juego de bridas que mantienen sujeto al disco, asegurando el cierre y previniendo con ello fugas.

El diseño de bridas para asegurar el disco e incorporarlo al sistema de presión es de varios tipos, teniendo como característica general el ser incorporados dentro del sistema de presión por medio de conexiones soldadas o roscadas. Entre los tipos de bridas de sujetamiento principales se tienen los siguientes:

TIPO PERNO (BOLTED):- Caracterizada por ser empleada para casi todos los tamaños de disco, ya que está disponible en tamaños que van de $\frac{1}{2}$ a 24 " de diámetro. Las bridas mantienen sujeto al disco mediante espárragos ajustados con sus respectivas tuercas.

TIPO UNION:- Este tipo de brida se caracteriza por estar limitada sólo a tamaños arriba de 2 " de diámetro. La brida asemeja una tuerca unión la cual lleva en su interior al disco de ruptura.

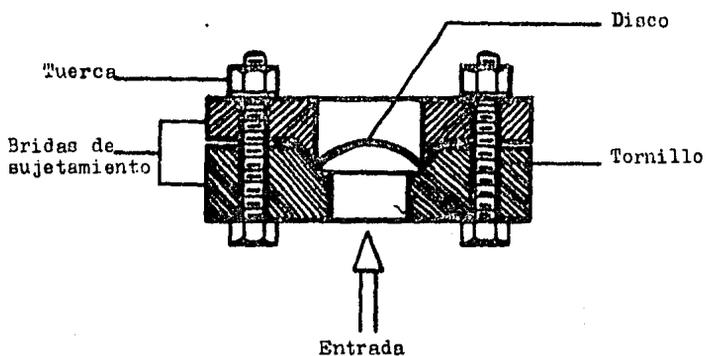
TIPO TORNILLO:- Este último tipo de brida es caracterizada por ser empleada para tamaños arriba de 1 " de diámetro.

La Figura 3.13., muestra el ensamble del disco de ruptura, así como los tipos de bridas antes mencionados.

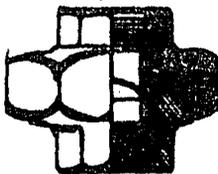
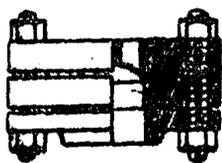
3.5.4 FUNCIONAMIENTO:

El principio de funcionamiento de estos dispositivos es el siguiente: Cuando la presión tiende a aumentar y sobrepresionar algún equipo, el disco de ruptura sufre una deformación, las delgadas paredes del material se estrechan para formar un pequeño radio de curvatura, después las paredes se adeltazan lo suficiente para romper y relevar la presión y la carga de tensión en el material. Una vez relevada la presión se hace necesario reemplazar el disco antes de que el proceso vuelva a la normalidad.

La vida útil de un disco de ruptura es difícil de predecir, ya que la corrosión, los cambios de presión y temperatura, así como otras condiciones de proceso pueden afectar su duración, lo que puede representar una falla prematura del disco que oblique a un



Disco de Ruptura Convencional (Prebulged) ensamblado.



Brida Tipo Perno (bolted). Brida Tipo Unión. Brida Tipo Tornillo.

PARTES DE UN DISCO DE RUPTURA Y TIPOS
DE BRIDAS DE SUJETAMIENTO

FIG.
3.13

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

paro de emergencia. Es por esto que se recomienda elaborar un programa de cambios, una vez que se haya logrado conocer el factor de vida útil, pues como se sabe, un paro programado es definitivamente menos costoso que un paro de emergencia.

3.5.5 TIPOS DE DISCOS DE RUPTURA:

Debido a que las variables de proceso (presión, temperatura, etc) tienden a cambiar con frecuencia, se han desarrollado varios tipos de discos de ruptura con el objeto de cubrir en su mayoría los requerimientos de seguridad, que exigen características específicas de estos dispositivos. Así se tiene que entre los principales discos de ruptura se encuentran:

- a.-) Disco de Ruptura Convencional (Prebulged).
- b.-) Disco de Ruptura de Pandeo Inverso (Reverse buckling).
- c.-) Disco de Ruptura Metálico con Soporte de Vacío.
- d.-) Disco de Ruptura Compuesto.

3.5.5.1 DISCO DE RUPTURA CONVENCIONAL (PREBULGED):

El disco de ruptura convencional es el tipo original de dispositivo de ruptura y debido a que es el más empleado se encuentra disponible en varios metales y no metales, así como en materiales plásticos. La Figura 3.13., muestra este tipo de disco con su respectiva forma de ensamble para ser utilizado.

Estos dispositivos tienen una forma hemisférica que recibe la carga de presión en el lado cóncavo, normalmente no puede ser empleado para presiones de operación mayores del 70% de la presión de ruptura, requiriendo además que la presión de ajuste sea de al rededor de 1.5 veces la presión de operación, debido a que son muy susceptibles a la fatiga por esfuerzos y temperatura.

La exactitud de estos dispositivos es de $\pm 5\%$, siendo su ventaja principal el estar disponibles en casi todos los tamaños y materiales.

De entre los discos de ruptura convencionales no metálicos existen los discos de ruptura de grafito. El material de

construcción de estos discos permite que los mismos sean empleados para servicio corrosivo y/o situaciones de alta temperatura (hasta 200°C) en donde los discos metálicos convencionales tienen ciclos de vida muy cortos, ya que el material de grafito no es afectado por la fatiga debida a esfuerzos ni por variaciones de temperatura en el rango antes dado. Estas características hacen que el disco de ruptura de grafito tenga una mejor relación de operación para romper en el rango de 75 a 80% de la presión de ruptura.

3.5.5.2 DISCO DE RUPTURA DE PANDEO INVERSO (REVERSE BUCKLING):

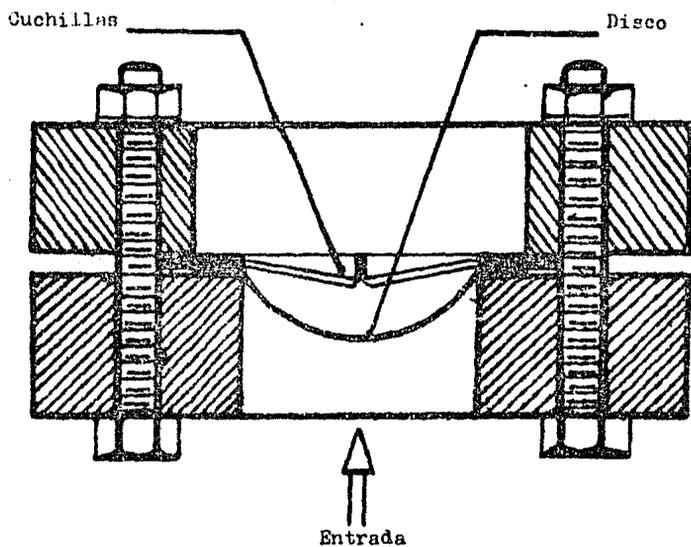
Los discos de ruptura de pandeo inverso se caracterizan porque reciben la carga de presión del lado convexo, lo cual le da más resistencia a la fatiga y le permite ser ajustado alrededor de 1.1 veces la presión de operación, además de que su precisión en la ruptura está próxima al $\pm 2\%$.

En este tipo de dispositivo una vez que la presión de ruptura es alcanzada, el disco sufre una compresión inversa que lo hace estallar del lado corriente abajo; Esta acción es obtenida por un corte que provocan unas puntas (cuchillas) colocadas contra el disco, lo cual se muestra en la Figura 3.14.

Los discos de ruptura de pandeo inverso pueden tener una relación de presión de ruptura tan grandes como el 90%, y son una buena selección cuando la presión del proceso varía ampliamente. Generalmente los materiales de construcción usados para la manufactura de los discos de ruptura deben ser tales que no se fragmenten al sufrir la ruptura, sino que sólo se rasguen para evitar que los fragmentos dañen los internos de la válvula, en caso de que el disco esté en conjunto con una válvula de relevo de presión. La excepción aquí es el disco de ruptura de grafito, ya que éste dispositivo es empleado en forma individual.

3.5.5.3 DISCO DE RUPTURA METALICO CON SOPORTE DE VACIO:

Los discos de ruptura metálicos con soporte de vacío son comúnmente empleados cuando se prevee que puede ocurrir vacío internamente o cuando una presión externa en el lado convexo del disco



		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
DISCO DE RUPTURA DE PANDEO INVEPSO	FIG. 3.14	TESIS PROFESIONAL

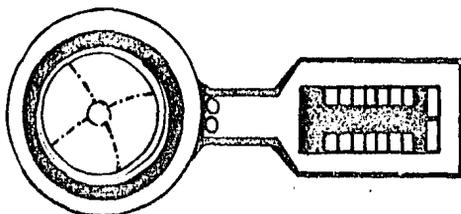
pueda ser mayor que la presión en el lado cóncavo del mismo, por lo que es necesario un soporte de vacío para prevenir la inversión del disco.

Todos los discos pueden ser suministrados con soporte de vacío, con excepción del disco de pandeo inverso, el cual no requiere de ello. La Figura 3.15a., muestra este tipo de disco, las ranuras que son colocadas en la cara del disco previenen de colapsos al mismo, cuando es colocado en recipientes donde la presión de proceso está por debajo de la presión atmosférica. El hecho de que se disponga de un soporte de vacío es con el fin de que si alguna vez el disco está expuesto a vacío, intencional o nó, el dispositivo resista esta condición.

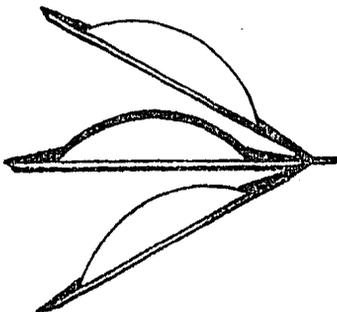
3.5.5.4 DISCO DE RUPTURA COMPUESTO:

Los discos de ruptura compuestos consisten de un disco metálico, protegido por una membrana inerte y otra membrana sellante, como se muestra en la Figura 3.15b.; Se encuentran disponibles en varios arreglos, incluyendo con soporte de vacío.

Este tipo de discos tienen el mismo rango de aplicación que los discos convencionales, la única diferencia estriba en que poseen membranas que los protegen de la corrosión principalmente, así como el de poseer una relación de presión de ruptura del 75 al 85%.



(a).- Disco de Ruptura con Soporte de Vacío.



(b).- Disco de Ruptura de Tipo Compuesto.

DISCO DE RUPTURA CON SOPORTE DE
VACÍO Y COMPUESTO

FIG.
3.15

E. N. E. P "ZARAGOZA"
U N A M

TESIS PROFESIONAL

3.6 COMBINACION DISCO DE RUPTURA / VALVULA DE RELEVO DE PRESION:

En ocasiones se utiliza un disco de ruptura co --- rriente arriba y/o corriente abajo de una válvula de relevo de presión. La primera posición es elegida para prevenir que algún material aglutinante pueda dañar los internos de la válvula, en tanto que la segunda _ posición es elegida cuando se quiere evitar que alguna contrapresión __ superimpuesta existente, pueda afectar la presión de ajuste de relevo _ de la válvula.

Al utilizar este tipo de combinación deben escoger se materiales de construcción del disco que al romperse no se desinte - gren, sino que sólo se rasguen, para evitar bloquear a la válvula.

La combinación de estos dispositivos es común, pe- ro debe comprobarse que la caída de presión provocada por el disco roto y su soporte no excedan los límites permitidos por los códigos relacio- nados. Esto último es muy importante, ya que de acuerdo al Código ASME, Sección VIII División 1, UG-127(b), un disco de ruptura podrá ser insta lado en combinación con una válvula de relevo de presión sólo si:

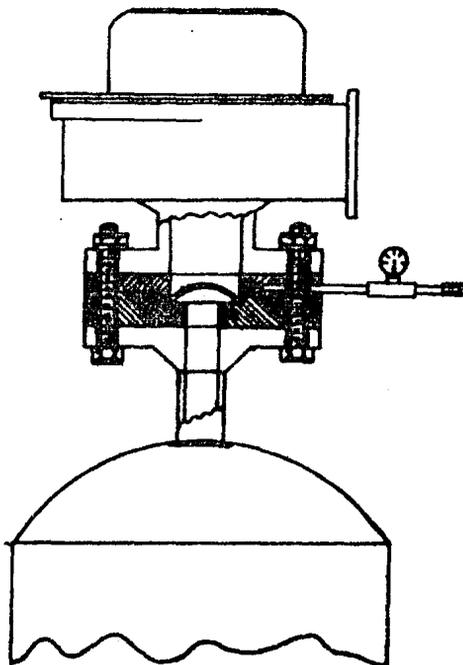
- 1:) La combinación disco de ruptura/válvula de relevo de presión es ca- paz de cubrir los requerimientos, en cuanto a capacidad, dados en _ el párrafo UG-133(a) y (b).
- 2:) La capacidad señalada de la carga del resorte de una válvula de re- levo de presión cuando sea instalada en combinación con un disco de ruptura, deberá ser multiplicada por un factor de 0.80 de la veloci dad de capacidad de relevo de la válvula sola, o alternativamente, _ la capacidad de tal combinación deberá ser establecida de acuerdo _ al inciso (3).
- 3:) La capacidad de la combinación disco de ruptura/válvula de relevo _ de presión, puede ser establecida de acuerdo con los párrafos apro- piados del UG-132 (Certificación de Capacidad de Válvulas de Relevo de presión en Combinación con Discos de Ruptura).
- 4:) El espacio entre el disco de ruptura y la válvula de relevo de pre- sión deberá ser provisto de un indicador (manómetro u otro dispositi- vo) que permita la detección de fugas en la parte ocupada por el _ disco de ruptura.

5:) La apertura proporcionada por el disco de ruptura después de su rompimiento, debe ser lo suficiente como para permitir un flujo igual a la capacidad de la válvula, de no cumplirse esto la capacidad deberá establecerse de acuerdo con el párrafo UG-132.

El arreglo disco de ruptura/válvula de relevo de presión es mostrado en la Figura 3.16., tal combinación está viniendo a ser más y más común en plantas de proceso, por las ventajas que ofrece entre las cuales están las siguientes:

- No hay escape a la atmósfera.
- Se obtienen periodos mayores para la mejor revisión de la válvula.
- Menor costo de válvula y material de ajuste.
- Incremento de la vida de la válvula por la protección contra la corrosión que le brinda el disco de ruptura.

Así las ventajas que ofrece cada dispositivo individualmente son tomadas para darle un mejor empleo a la combinación resultante, y consecuentemente las desventajas por separado que ofrecen estos dispositivos son aminoradas.



Disco de Ruptura instalado en serie (corriente arriba)
con una Válvula de Relevo de Presión.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
COMBINACION VALVULA DE RELEVO DE PRESION Y DISCO DE RUPTURA.	FIG. 3.16	TESIS PROFESIONAL

C A P I T U L O I V

ESPECIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

ESPECIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Hasta ahora se ha dado el material que se considera básico y necesario para entrar a la parte más importante del presente trabajo. En este capítulo se hará uso de los principales fundamentos que permitirán establecer el dimensionamiento y especificación de los dispositivos de seguridad. Tanto el dimensionamiento ó diseño, así como la especificación, surgirán de un análisis cuidadoso de las características de una serie de experiencias y normas que se han establecido en códigos de tipo internacional, como son el Código ASME y el Manual API principalmente.

4.1 REQUERIMIENTOS GENERALES:

Existen una serie de Reglamentos Locales y Estatales que usualmente exigen que se cumpla con uno o más códigos en cuanto al diseño de los dispositivos de seguridad que han de formar parte de un sistema de relevo de presión. Y es por ello que el diseñador de tales sistemas debe estar familiarizado con su contenido, ya que no es suficiente establecer simplemente un diámetro de orificio, pues lo más importante es el tomar en cuenta las consideraciones de proceso que puedan provocar una sobrepresión, para establecer en base a ellas las condiciones máximas de relevo, con ello se tendrá un amplio margen de seguridad en cuanto al dispositivo diseñado, así como una mayor confianza en el servicio que preste.

4.1.1 CODIGO ASME:

En 1911 la American Society of Mechanical Engineers (ASME) formula una serie de normas estándar para la construcción de calentadores y otros recipientes a presión. Entre estas normas se establecen las presiones de operación máximas de diseño, materiales considerados, construcción, métodos de fabricación, inspección y dispositivos de seguridad. En relación a estos últimos, el código en su Sección I, proporciona una serie de párrafos que son adecuados exclusivamente para las válvulas de relevo de presión, entre ellos se encuentran:

- PG-67 : Requerimientos de válvulas de seguridad para calentadores.

- PG-68 : Requerimientos de válvulas de seguridad en rehervidores.
- Pi-69 : Prueba.
- Pi-70 : Capacidad.
- PG-71 : Montaje.
- PG-72 : Operación.

Por otro lado, el código en su Sección VIII, se refiere a los dispositivos de seguridad desde el párrafo UG-125 hasta el párrafo UG-135. Estos párrafos son consideraciones de proceso que representan una guía excelente para el diseño de los dispositivos de relevo de presión. Entre algunas de las principales consideraciones se dan cita las siguientes:

- 1.) Todos los recipientes a presión cubiertos por la división 1 y 2 de la Sección VIII serán provistos con dispositivos de seguridad.
- 2.) Generadores de vapor deberán ser protegidos con dispositivos de seguridad.
- 3.) El relevo de presión deberá ser adecuado para prevenir presiones internas arriba del 10% de la presión de operación máxima permisible, excepto cuando el exceso de presión es debida a fuego u otra fuente de calor imprevista.
- 4.) Cuando un recipiente a presión es expuesto a fuego o calor externo serán requeridos dispositivos de relevo, que tiendan a aliviar el exceso de presión que se presente. Tales dispositivos deberán tener una capacidad para limitar la sobrepresión a no más del 20% sobre la presión de operación máxima permisible del recipiente.
- 5.) Los discos de ruptura pueden ser usados para satisfacer los requerimientos del código para condiciones tales como corrosión y formación de polímeros, las cuales hacen que las válvulas de relevo de presión sean inoperantes, o cuando pequeños escapes no puedan ser tolerados por las válvulas.
- 6.) Válvulas de relevo podrán ser empleadas para recipientes que operan totalmente llenos de líquido.

- 7:) Los dispositivos de relevo de presión deberán ser construidos y lo lizados, así como instalados, en lugares accesibles para su mantenimiento y reparación.
- 8:) Los dispositivos de relevo de presión deberán ser construidos con materiales adecuados para la presión y temperatura, así como otras condiciones de proceso.

4.1.2 MANUAL API:

En 1955 el American Petroleum Institute (API) publica el manual API-RP-520 "Recommended Practices for the Design and Installation of Pressure-Relieving Systems in Refineries", la información publicada fué el resultado de varios años de trabajo por ingenieros en la industria del petróleo y fué extendida como un suplemento de la Sección VIII del Código ASME. La primera parte del manual (Diseño), proporciona una mayor información y discusión relativa a los requerimientos de relevo de presión como son: Métodos de cálculo, condiciones requeridas de capacidad de relevo, diseño de sistemas de descarga, procedimientos de dimensionamiento, etc.,. También incluye Tablas y Cartas así como ecuaciones que ayudan en el diseño de los sistemas de relevo.

La segunda parte (Instalación) cubre los requerimientos en cuanto a las tuberías de entrada y descarga, montaje, pre--instalación y prueba de los dispositivos de relevo.

El incremento y modernización de las unidades de proceso, y asimismo el aumento en los niveles de energía en tales unidades, fueron el motivo de que la industria del petróleo tuviera necesidad de guías adicionales para el relevo de presión y sistemas de depresurización. Como resultado, en Septiembre de 1969 se publica el manual API-RP-521 "Guide for Pressure Relief and Depressuring Systems"

Este manual vino a ser una información suplementaria para el primer manual. Discute sobre las causas y prevención de la sobrepresión, determinación de velocidad de relevo, selección y diseño de los sistemas de material relevado, además proporciona excelentes --guías para sistemas de seguridad y relevo en casi cualquier tipo de --planta de proceso.

4.2 MECANISMOS DE RELEVO:

Para satisfacer los requerimientos de código, los dispositivos de seguridad, como son las válvulas de seguridad y de relevo, deberán tener el resorte del tipo de carga directa, y para rangos de presión como se dan a continuación, el código exige:

Presión de Ajuste.	Ajuste de resorte recomendado.
≤ 250 psig -----	+ 10%
> 250 psig -----	+ 5%

La operación indirecta de válvulas de seguridad, por ejemplo, por válvulas piloto, no es aceptable a menos que la válvula abra automáticamente en un punto próximo a la presión de ajuste, con ello se evita que alguna parte importante del piloto pueda fallar.

En cuanto a los discos de ruptura, se tiene que estos dispositivos deben tener una presión de rompimiento específico a una temperatura dada, además es necesario tener una completa identificación de la metalurgia del material empleado (si es metal) u otras propiedades si se trabaja con plástico o grafito, asimismo el disco debe ser garantizado por el fabricante para romper con un $\pm 5\%$ de la presión de ruptura. Los dispositivos de relevo de presión son diseñados para manejar la capacidad de relevo a la temperatura de relevo, sin permitir que la presión generada sobrepase la presión de operación máxima permisible del recipiente.

Para lograr lo anterior se cuenta con mecanismos de relevo de tipo Primario y Secundario ó complementario. El mecanismo de relevo Primario es usualmente proporcionado por las válvulas de relevo de presión, tales dispositivos se encargan del relevo total del material, si se requiere una capacidad adicional de relevo, es decir, que la capacidad de relevo primario no es suficiente, se hace entonces uso de dispositivos (básicamente de discos de ruptura) que hacen las veces de un relevo secundario ó complementario. Un disco de ruptura por separado puede tener también función de relevo secundario no cubierta por código. En este caso los discos deben ajustarse por debajo de la condición de ruptura en condiciones tales como explosión interna y fuga de reacciones para evitar condiciones peligrosas.

4.3 ESTABLECIMIENTO DE RELEVO O PRESION DE AJUSTE:

La presión a la cual se espera que la válvula abra o el disco rompa, se conoce como presión de ajuste y presión de rompimiento respectivamente, y es seleccionada usualmente como la más alta, de acuerdo a los efectos de la presión en el proceso así como del contenido del recipiente.

El Código ASME en sus párrafos UG-132 y UG-133, muestra las bases para establecer la presión de ajuste en circunstancias que son características de los sistemas de proceso. Así la presión a la cual se ajustarán los dispositivos de seguridad va a ser establecida en base a los puntos siguientes:

- 1:) La capacidad de los dispositivos de relevo de presión, conectados a algún recipiente o sistema de recipientes para el relevo de material líquido, vapor o gas, deberá ser suficiente para desalojar la cantidad máxima que pueda ser generada o suministrada al equipo, sin permitir un incremento en la presión interna del recipiente mayor que el 10% sobre la presión de operación máxima permisible cuando el dispositivo de relevo entre en servicio.
- 2:) Dispositivos de relevo para protección contra la presión excesiva causada por exposición al fuego u otra fuente de calor externa, deberán proporcionar una capacidad de relevo suficiente para prevenir que la presión del recipiente no aumente más del 20% sobre la presión de operación máxima permisible cuando los dispositivos estén relevando.
- 3:) La capacidad de los dispositivos de relevo de presión, conectados a sistemas de tuberías, deberá ser lo suficiente para desalojar la cantidad máxima de material que esté provocando sobrepresión, sin permitir un incremento en la presión de la tubería mayor del 33% sobre la presión de operación máxima permisible cuando el dispositivo de relevo entre en servicio.
- 4:) La presión a la cual algún dispositivo de relevo es ajustado deberá incluir los efectos de la contrapresión.
- 5:) Las tolerancias de presión de ajuste, de válvulas de seguridad y de relevo no deberán exceder de ± 2 psi para presiones menores

a 70 psi y de $\pm 3\%$ para presiones mayores de 70 psi.

- 6:) Discos de ruptura instalados por separado o en combinación con una válvula de relevo de presión, deberán ser ajustados para romper a una presión que no exceda la presión de operación máxima permisible del recipiente a la temperatura de operación.
- 7:) Los discos de ruptura deberán ser especificados a una presión de ruptura correspondiente a una temperatura dada, el rompimiento deberá estar al $\pm 5\%$ de su presión de ruptura especificada.

Se puede establecer que el Código ASME permite una acumulación, es decir, un porcentaje de sobrepresión que fija la presión de ajuste.

Los valores de esta acumulación son típicos para una serie de equipos de proceso, y son los que se dan en la Tabla 4.1 :

<u>EQUIPO PROTEGIDO</u>	<u>ACUMULACION (%)</u>
Recipientes a Presión (no expuesto a fuego)	10
Recipientes expuestos a fuego	20
Tuberías presurizadas	33
Calentadores	6
Tanques de almacenamiento atmosférico.	0

Tabla 4.1 Valores típicos de acumulación (Código ASME)

4.4 CALCULO DE MASA A RELEVAR EN CONDICIONES DE SOBREPRESION:

La sobrepresión en los sistemas de proceso es el resultado de un flujo anormal de masa y energía, mismo que provocará una generación de presión en alguna parte del sistema. Cuando esto ocurre entran en funcionamiento los dispositivos de seguridad, aliviando la sobrepresión por medio del desalajo de una cierta masa de fluido hacia otro lugar en el cual se pueda disponer de ella en forma segura.

Es difícil establecer una lista de las posibles causas de sobrepresión, pero como ya se ha manifestado en capítulos anteriores, las más comunes y representativas son las siguientes:

- Fuego Externo.
- Descarga Bloqueada.
- Falla de Reflujo.
- Falla de Agua de Enfriamiento.
- Falla de Corriente Eléctrica.
- Falla de Controles o de Aire de Instrumentos.
- Ruptura de Tubos en Intercambiadores de Calor.
- Expansión Térmica de Líquidos.

A continuación se explican las causas de exceso de presión de los casos anteriores, indicando la forma de cálculo de la masa a relevar en ellos.

4.4.1 FUEGO EXTERNO:

Cuando se produce un incendio en una planta, cualquier recipiente que procese o maneje materiales inflamables o no inflamables puede estar expuesto a fuego. Si el recipiente contiene líquido, el calor suministrado ocasionará que una parte o todo el líquido pase a la fase vapor, provocando un aumento de presión que debe ser aliviado por un dispositivo de seguridad.

La masa que se debe relevar está en función del calor absorbido por el recipiente y del calor latente de vaporización del líquido. La ecuación para su cálculo viene dada por:

$$W = \frac{Q}{\lambda} \quad (4.1)$$

Donde:

W = Masa a relevar, en lb/hr.

Q = Calor absorbido, en Btu/hr.

λ = Calor latente de vaporización, en Btu/lb.

El calor absorbido puede ser calculado a partir de la ecuación que proporciona el Manual API-RP-520:

$$Q = 21\,000 F A_m^{0.82} \quad (4.2)$$

Donde:

F = Factor de aislamiento, adimensional.

A_m = Area mojada expuesta a fuego, en pie².

El factor de aislamiento "F", depende del tipo de aislante que se utilice, aunque es preferible suponer que el recipiente está desnudo, con lo cual $F = 1$. Esta suposición es válida, porque en el caso de un incendio prolongado, el aislante puede caer ya sea porque se ha quemado, o porque el soporte o cubierta de retención han sido dañados por el fuego, o por la fuerza de los chorros de agua contra incendio. Los valores recomendados por el Manual API se presentan en la Tabla 4.2.

<u>TIPOS DE INSTALACION</u>	<u>FACTOR " F "</u>
1:) Recipientes Desnudos	1.0
2:) Recipientes Aislados	
a). 4.0 Btu/hr pie ² °F	0.3
b). 2.0 "	0.15
c). 1.0 "	0.075
3:) Recipientes con Sistema de Regadera.	1.0
4:) Servicios de Depresuramiento y Vaciado.	1.0
5:) Recipientes bajo suelo cubiertos con tierra.	0.0
6:) Recipientes sobre suelo cubiertos con tierra.	0.03

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
FACTOR DE AISLAMIENTO " F "	TABLA. 4.2	TESIS PROFESIONAL

Para el cálculo del área mojada expuesta a fuego "A" se ha establecido lo siguiente: De la observación de varios incendios se determinó que la altura máxima que puede alcanzar una flama es de 25 pies a partir de cualquier superficie capaz de sostenerla.

Para recipientes horizontales y verticales se compara la altura del líquido hasta el nivel normal con el valor de 25 pies, para considerar que porción del recipiente se va a ver afectada por el fuego, la superficie se considera hasta el menor de los dos valores.

Lo mismo se hace con los tanques esféricos, y se compara la elevación hasta el diámetro mayor con el valor de 25 pies, considerando también el líquido hasta el nivel normal. Cuando la altura del líquido está en la parte superior de la esfera, se compara dicha elevación contra el valor de 25 pies y se utiliza el menor. Cuando la altura del líquido está en la mitad inferior, se utiliza siempre la altura del líquido.

CALCULO DE "A" EN RECIPIENTES HORIZONTALES:- El área mojada expuesta a fuego para recipientes cilíndricos horizontales con tapas elípticas se calcula como:

$$A_m = A_c + A_t \quad (4.3)$$

Para la parte cilíndrica:

$$A_c = P_m L \quad (4.4)$$

$$P_m = 3.1416 D F_{wp} \quad (4.5)$$

Así el área mojada del cilindro viene dada por:

$$A_c = 3.1416 D L F_{wp} \quad (4.6)$$

Donde:

A_c = Área mojada del cilindro, en pie².

A_t = Área mojada de las dos tapas, en pie².

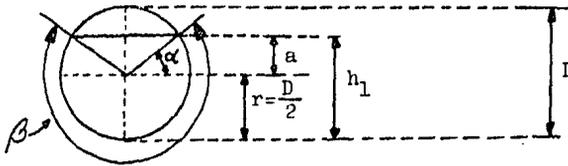
P_m = Perímetro mojado, en pie.

L = longitud de tangente a tangente, en pie.

D = Diámetro del recipiente, en pie.

F_{wp} = Factor de perímetro mojado, adimensional,

El valor de F_{wp} depende del porcentaje de volumen del líquido en el recipiente y se encuentra ya sea mediante la Figura 4.1., o bien se puede calcular a partir de la figura siguiente:



Se tiene que:

$$\alpha = \text{sen}^{-1}(a/r)$$

Cuando $h_1 > r$:

$$\beta = 180^\circ + 2\alpha$$

Cuando $h_1 < r$:

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha$$

Cuando $h_1 = r$:

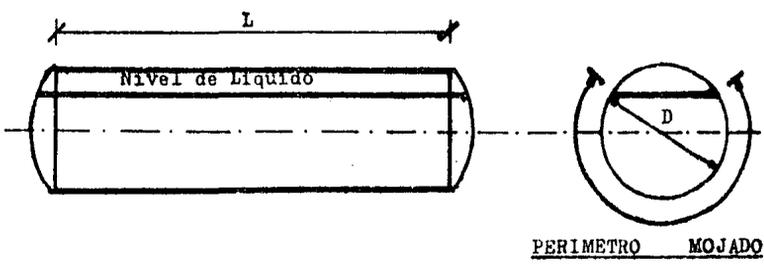
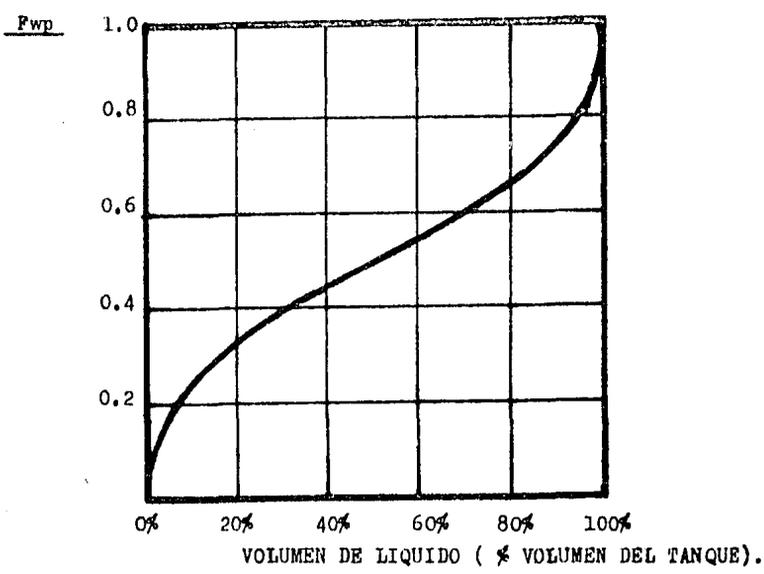
$$\beta = 180^\circ$$

Así el valor de F_{wp} puede ser determinado como:

$$F_{wp} = \frac{\beta}{360} \quad (4.7)$$

Para calcular el área mojada de las dos tapas elípticas se multiplica el área de las dos tapas por el factor F_{wp} previamente determinado:

$$A_t = \frac{(2)(3.1416) D^2}{4} (1.66) F_{wp} \quad (4.8)$$



GRAFICA DEL FACTOR PERIMETRO MOJADO F_{wp}

FIG. 4.1

E.N.E.F "ZARAGOZA"
 U N A M
 TESIS PROFESIONAL

Simplificando la ecuación anterior se tiene:

$$A_t = 2.61 D^2 F_{wp} \quad (4.9)$$

Finalmente el área expuesta a fuego será:

$$A_m = F_{wp} (3.1416 D L + 2.61 D^2) \quad (4.10)$$

CALCULO DE "A_m" EN RECIPIENTES VERTICALES:- Para calcular el área mojada expuesta a fuego en recipientes cilíndricos verticales, la altura del cilindro se determina mediante el criterio de los 25 pies, descrito anteriormente. Generalmente la forma de las tapas es semielíptica, por lo que:

$$A_m = A'_c + A'_t \quad (4.11)$$

Y como se conoce ya la forma de cálculo del área del cilindro, así como de las tapas, se tiene entonces que:

$$A_m = 3.1416 D h + 1.305 D^2 \quad (4.12)$$

Donde:

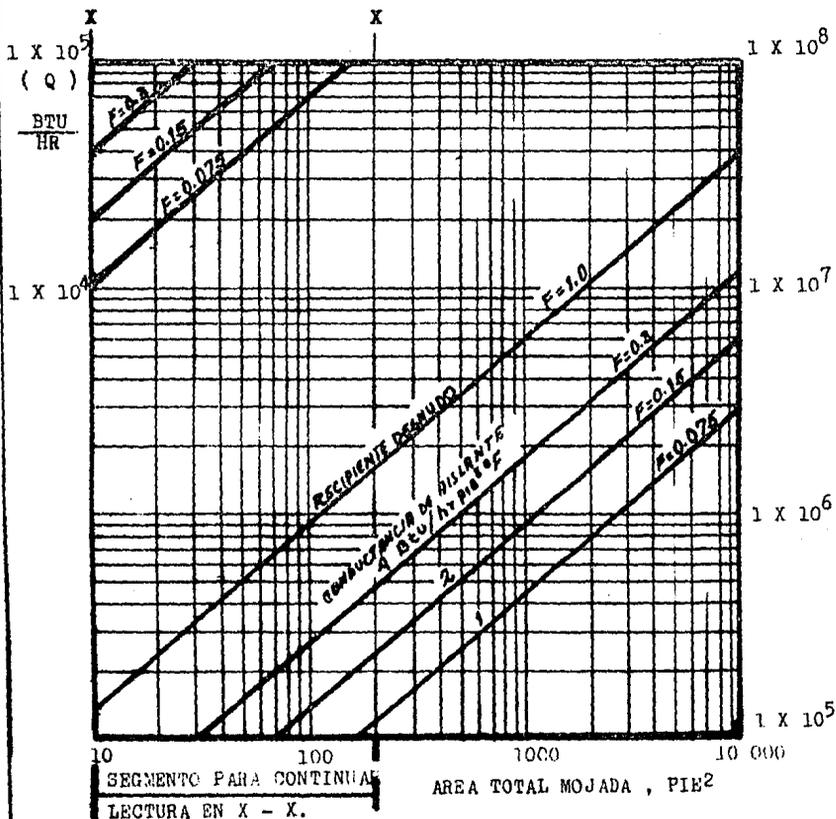
A'_c = Área del cilindro, en pie².

A'_t = Área de la tapa, en pie².

D = Diámetro del recipiente, en pie.

h = Altura del cilindro determinada por el criterio de los 25 pies.

La importancia del cálculo del área mojada expuesta a fuego radica principalmente en que en base a su valor se puede simplificar el cálculo del calor total absorbido, empleando para ello la gráfica que se muestra en la Figura 4.2., misma que es la solución de la Ec.(4.2) .



GRAFICA PARA DETERMINAR EL CALOR TOTAL ABSORRIDO ψ

FIG. 4.2

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

Una vez que se ha calculado el calor absorbido por el recipiente, se procede a determinar el calor latente de vaporización del fluido a relevar. Este parámetro se puede determinar a partir del diagrama de Molliere del fluido de que se trate, o a partir de la Figura 4.3., que es una gráfica de calor latente de vaporización y temperatura de saturación para hidrocarburos parafínicos líquidos.

Para hacer uso de esta gráfica es necesario conocer la presión corriente arriba de la válvula y el peso molecular del fluido. Para el cálculo de la presión corriente arriba de la válvula se emplea la ecuación:

$$P_1 = (1.20 P_r) + P_a \quad (4.13)$$

Donde:

P_1 = Presión corriente arriba, en psia.

P_r = Presión de relevo ó ajuste, en psig.

P_a = Presión atmosférica.

De la misma Figura 4.3., también se obtiene la temperatura de saturación del fluido, que viene a ser la temperatura de relevo. Conocido el valor del calor absorbido (Q) y el valor del calor latente de vaporización (λ), se puede obtener fácilmente el valor de la masa a relevar a partir de la Ec. (4.1) .

4.4.2 DESCARGA BLOQUEADA:

Existe esta causa de sobrepresión en un equipo o recipiente cuya salida o descarga pueda ser bloqueada por cualquier razón, y esté recibiendo un fluido a una presión que puede llegar a ser mayor que aquella para la cual se diseñó.

Cuando se tiene este tipo de problema generalmente la capacidad requerida por el dispositivo de relevo es la máxima cantidad de líquido bombeado, o el volumen total de vapor de entrada más aquel generado en el recipiente en condiciones normales de operación. Para ejemplificar el caso de sobrepresión por descarga bloqueada se hará uso de la Figura 4.4., la cual representa la Sección de Tratamiento de Aguas Amargas de una Planta Catalítica (FCC).

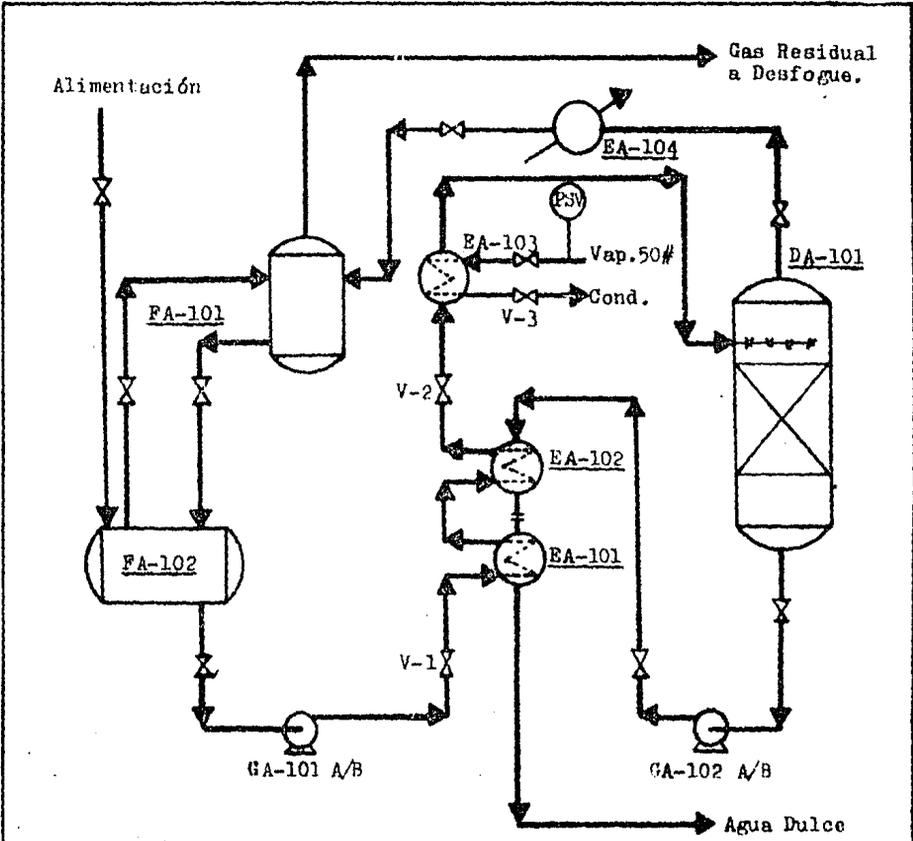
CASO I: INTERCAMBIADOR DE CALOR ALIMENTADO POR UNA BOMBA.

Cuando se bloquea la válvula V-2, la disminución de flujo hace que la bomba GA-101 A/B empiece a aumentar su altura, es decir, aumenta su presión de descarga. Si esta presión es mayor que la presión de diseño de los intercambiadores de calor EA-101 y 102 por el lado de tubos, el riesgo se hace inminente y el dispositivo de seguridad se hace indispensable.

En el caso de ser bloqueada la válvula V-1, el problema no se presenta tan difícil, ya que la línea de descarga de las bombas GA-101 A/B seguramente se ha diseñado para soportar la presión que se desarrolle, sin embargo es recomendable que se vea en las curvas de las bombas el valor de la presión máxima posible a alcanzar para en base a ello tomar las debidas precauciones.

CASO II: VAPOR ALIMENTADO AL PRECALENTADOR.

Si por alguna razón la válvula V-3 de la línea de retiro de condensado del precalentador de agua amarga EA-103 llegara a cerrarse, el flujo de vapor de baja presión empezaría a acumularse en el equipo, lo cual traería como consecuencia una sobrepresión capaz de provocar una ruptura en los tubos del equipo. Por ello es que el arreglo presenta una válvula de seguridad que se activará una vez que se presente la falla. En este caso la masa a relevar es el consumo de vapor de alimentación.



SOBREPRESION POR DESCARGA BLOQUEADA

FIG. 4.4

E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

4.4.3 FALLA DE REFLUJO:

En una torre de destilación, el vapor que asciende del segundo plato, produce la ebullición del líquido en el primer plato. Este líquido es precisamente el reflujo proveniente del tanque acumulador. Cuando falla el reflujo, sea parcial o totalmente, el vapor ascendente evapora en mayor cantidad el resto del líquido del plato superior, y lo mismo sucede en todos los platos, produciéndose una gran cantidad de vapor que probablemente sea la causa de una sobrepresión que sea necesario aliviar.

La fuente de calor que contribuya a generar los mencionados vapores puede ser determinante en el estimado de la masa a relevar, por lo que es necesario tomar en cuenta las circunstancias siguientes:

- 1:) Si existe adecuada capacidad para recibir o absorber de algún modo el producto de los domos, la falla de reflujo podría ser despreciable desde el punto de vista de aumento de presión. Normalmente la masa a relevar será la masa que sale del domo en operación normal.
- 2:) En el caso de que existan rehervidores, la masa a relevar sería la masa que sale por el domo en condiciones normales de operación más la masa de vapores alimentados por el rehervidor. Si la fuente de calor es la alimentación misma, se deben estimar los vapores producidos en la zona inmediata a la alimentación.
- 3:) La velocidad de relevo para la falla de una corriente lateral de reflujo o falla en el circuito de bombeo, deberá ser igual a la diferencia entre la cantidad de vapor entrante y saliente de la sección en cuestión.

Esta falla por presentarse en un equipo de las magnitudes de una torre de destilación amerita un análisis bastante cuidadoso, ya que existen varios factores que la pueden provocar, entre ellos se cuentan: Pérdida de bombeo debido a falla de energía eléctrica, falla de instrumentos de control y falla de agua de enfriamiento. A continuación y en base a la Figura 4.5., se verán varios casos en los cuales se establece la masa a relevar por condiciones de sobrepresión.

Cabe decir que no solo se ven las fallas en cuanto al reflujo, sino que también las fallas que pueden darse en todo el sistema.

CASO I: VALVULA DE ALIMENTACION EN POSICION COMPLETAMENTE ABIERTA.

Debido a la falla de control de la válvula de alimentación FIC-1, el primer paso es establecer si la presión de bombeo es suficiente para presionar la torre de destilación. Si esto se comprueba, se procede entonces a determinar las velocidades de flujo de alimentación a la torre, además se debe determinar las velocidades de flujo de producto de las válvulas LIC-1 y TIC-1.

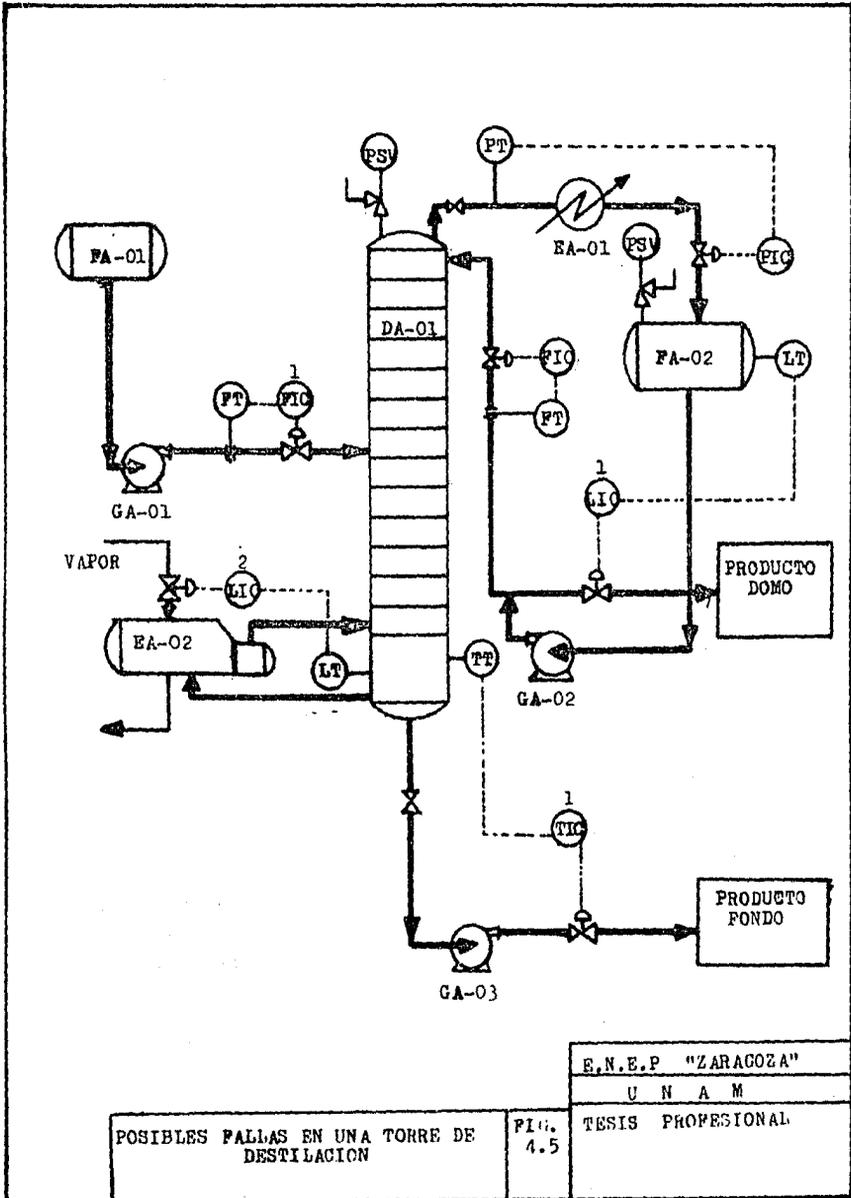
Si el flujo total a través de las válvulas de producto es mayor que el flujo de alimentación a la torre, no se espera que exista sobrepresión. Sin embargo si el flujo de alimentación es mayor que las corrientes de domo y fondo, entonces se produce una sobrepresión que debe ser aliviada con un dispositivo de relevo que sea capaz de manejar la diferencia de capacidad entre la corriente de alimentación y las corrientes de productos.

CASO II: FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN EL CONDENSADOR DEL DOMO.

En el caso de falla de agua de enfriamiento en el condensador EA-01, gran parte de los vapores que provienen del domo pasarán sin sufrir condensación directamente al acumulador FA-02, este tanque debido a la gran cantidad de vapor que está recibiendo requiere de un dispositivo de relevo para evitar niveles peligrosos de presión en el equipo. Aquí la masa a relevar es el flujo total de vapor que sale por el domo, el dispositivo puede ser localizado en el propio tanque acumulador o corriente arriba del mismo.

CASO III: VALVULA DE SUMINISTRO DE VAPOR COMPLETAMENTE ABIERTA.

Cuando por alguna falla, debida a aire de instrumentos o energía eléctrica, la válvula LIC-2 queda en posición completamente abierta, se provocará una mayor cantidad de vapor de reflujo de fondos, lo que seguramente traerá como consecuencia un exceso de presión en la torre. En este caso se requiere una capacidad de relevo que maneje la diferencia entre la cantidad de vapor entrante y saliente.



POSIBLES FALLAS EN UNA TORRE DE DESTILACION

FIG. 4.5

E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

4.4.4 FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO:

Cuando falla el agua de enfriamiento en un condensador, aumenta el volumen del vapor debido a que no existe una condensación adecuada. Esto provoca que haya en los equipos un aumento de presión que debe ser aliviado. Como masa a relevar en este caso, normalmente es confiable tomar la masa entrante de vapor al condensador.

En una torre de fraccionamiento la capacidad de relevo requerida es igual al total del gas y vapor que entra a la torre, más el generado ahí, menos el vapor condensado por una corriente lateral o algún reflujo enfriado por un medio que no sea agua de enfriamiento.

En cualquier caso, los requerimientos para un sistema deberán ser recalculados a la temperatura correspondiente a la condición del vapor y a la presión de relevo.

Si ocurre condensación parcial, el requerimiento de relevo se basa en la diferencia de velocidades de entrada y salida del vapor, pero debido a que usualmente se diseña para falla de condensación total, se tiene entonces que los requerimientos de condensación parcial están por demás cubiertos.

4.4.5 FALLA DE CORRIENTE ELECTRICA:

En la mayoría de las plantas, ciertos equipos y controles son operados por corriente eléctrica, y si ésta falla, dichos equipos y controles quedarán inutilizados. En el caso de controles, la masa a relevar se determina por medio de un análisis semejante al que se efectúa en el caso de falla de control, como se verá posteriormente.

En el caso de equipos, la masa a relevar depende del tipo de equipo que queda inutilizado. Por ejemplo: En algunos procesos se utilizan soloaires para condensar vapores, y los ventiladores de este tipo de intercambiadores de calor son operados por motores eléctricos. Cuando falla la energía eléctrica, falla el ventilador y se suspende la condensación, sobreviniendo un aumento de presión. Se puede apreciar que este caso es similar a la falla de agua de enfriamiento ya mencionada, y en consecuencia la masa a relevar se estima de la misma manera.

Cuando se trata de una bomba cuyo accionador es un motor eléctrico, debe estudiarse el caso con cuidado, pues si la bomba de relevo también es accionada con motor eléctrico, entonces el servicio se verá totalmente suspendido, y se provocará el problema.

Si la bomba maneja el reflujo de una torre, la falla relacionada será falla de reflujo y la masa a relevar será la misma que en ése caso ya mencionado. Generalmente el efecto de la falla de energía eléctrica puede ser determinado sólo con referencia a la instalación particular involucrada.

4.4.6 FALLA DE CONTROLES O DE AIRE DE INSTRUMENTOS:

Las fallas de control automático pueden surgir a partir de la pérdida de algún elemento de detección, una señal de transmisión ó por el medio de operación final del elemento de control, tal como una válvula. El efecto más significativo se debe a la pérdida del medio de operación, ya sea este aire de instrumentos o energía eléctrica. En este caso se ve la falla de aire de instrumentos principalmente por ser la causa más común.

Las válvulas u otros elementos de control pueden ser considerados a estar completamente abiertos o totalmente cerrados, dependiendo de su acción. Algunos dispositivos de control son diseñados para permanecer en la última posición de control en caso de falla de aire. Sin embargo, debido a que la posición no puede ser determinada, se asume comunmente que la válvula estará completamente cerrada o completamente abierta. En la falla de aire es necesario examinar las condiciones siguientes:

(a) FALLA DE UN SOLO DISPOSITIVO DE CONTROL:

Cuando se considera que una sola válvula falla, una entrada abierta y una salida bloqueada necesitan ser consideradas. Si la válvula falla en posición abierta (y el sistema corriente abajo no está diseñado para la presión que se encuentre corriente arriba), el requerimiento de capacidad de relevo deberá ser igual a la diferencia en la capacidad de la válvula completamente abierta menos el flujo normal de salida a

las condiciones de relevo. La presión corriente abajo de la entrada de la válvula será la presión de ajuste de la válvula de relevo más la sobrepresión permisible. La presión corriente arriba será la presión normal.

Si la válvula falla en la posición cerrada, la capacidad de relevo de presión deberá ser igual al máximo flujo de entrada a las condiciones de relevo, menos algún flujo que ocurra a través de otras salidas a las condiciones de relevo.

(b) FALLA DE TODOS LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL EN EL SISTEMA:

La falla de todos los dispositivos de control en el sistema debe ser evaluada, así como sus fallas independientes, para que en base a la posición en la que fallan y a la diferencia de los flujos de entrada y salida, sean determinadas las condiciones de relevo y con ello la capaacidad de relevo necesaria. Para ello es necesario tomar en consideración algunas de las características que se presentan frecuentemente en el diseño de los dispositivos de control:

- 1:) Válvulas manuales en by-pass podrán estar parcialmente abiertas, inadvertidamente o a propósito, durante un arranque.
- 2:) La capacidad en la posición completamente abierta de una válvula de control no debe usarse si la fuente primaria de energía, un compresor por ejemplo, es incapaz de entregar tal cantidad.
- 3:) La capacidad de la válvula debe ser corregida para las condiciones de relevo y no para las condiciones de diseño.
- 4:) Válvulas que fallan en posición abierta pueden producir flujo suficiente para reducir la presión de entrada normal. La capacidad de la fuente debe ser checada.
- 5:) El fluido puede ser vaporizado, por lo que se debe considerar un flasheo a través de la válvula.

4.4.7 RUPTURA DE TUBOS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR:

Vibración, corrosión y esfuerzos térmicos pueden ser la causa que ayude, aunada a una sobrepresión, a la ruptura de co-razas y tubos en intercambiadores de calor. La falla por ruptura de tubos se presenta cuando la presión de operación de uno de los lados es mayor que la presión de diseño del otro lado.

Cuando se presenta la ruptura la alta presión se comunica de uno a otro lado, siendo por ello que el dispositivo de relevo se coloca en el lado de menor presión. En la práctica se requiere una válvula de relevo cuando la presión de operación más alta excede 1.5 veces la presión de diseño del lado de baja presión.

Existen varios criterios para calcular la masa a relevar cuando ocurre esta falla, siendo el más aceptado el que utiliza la diferencia teórica de volúmenes al relacionar las dos presiones. Las ecuaciones a emplear son las siguientes:

$$\text{Para líquidos:} \quad Q = 34.8 d^2 \left(\frac{\Delta P}{S} \right)^{0.5} \quad (4.14)$$

$$\text{Para vapores:} \quad W = 1580 d^2 (P \rho)^{0.5} \quad (4.15)$$

Donde:

Q = Gasto volumétrico, en Gal/min.

ΔP = Diferencia de presiones, en lb/pulg².

d = Diámetro interior del tubo, en pulg.

S = Densidad relativa del líquido, adimensional.

P = Presión mayor, en lb/pulg².

ρ = Densidad del fluido a la presión mayor, en lb/pie³.

OBSERVACION: Las ecuaciones (4.14) y (4.15) son confiables sólo cuando la relación de presiones es igual o mayor a 2.0.

4.4.8 EXPANSION TERMICA DE LIQUIDOS:

Cuando en un recipiente, equipo o línea de proceso pueda de alguna manera bloquearse la descarga de un líquido, y existe alguna fuente de calor que pueda calentar dicho líquido, éste tenderá a expandirse en mayor o menor grado, de acuerdo al líquido en cuestión.

Si el líquido llena por completo el recipiente, la tendencia a expandirse se traduce en un enorme aumento de presión, ya que el volumen es constante. El caso común se tiene en intercambiadores de calor en los que la corriente "fría" es bloqueada y la fuente de calor es la corriente "caliente", la cual provocará la expansión térmica del líquido. Por ello es muy común que en la práctica se instalen válvulas de relevo en la salida de agua de enfriamiento de condensadores y enfriadores. Esta falla se puede presentar también en líneas de gran longitud (poliductos) expuestos a una posible fuente de calor.

Debido a que la capacidad de relevo es usualmente muy pequeña, ya que un desahogo de la presión la disminuye en forma notable, es frecuente que se utilicen válvulas de relevo de 3/4 X 1" para cubrir los requerimientos de relevo, y aún así la válvula estará sobrada.

Para líneas de gran diámetro y bastante longitud si es necesario calcular la masa a relevar, ello se puede realizar si el volumen contenido y el coeficiente de expansión térmica del fluido son conocidos. Para su cálculo se emplea la ecuación:

$$Q = \frac{\beta H}{500 S C_p} \quad (4.16)$$

Donde:

Q = Capacidad requerida, en Gal/mín.

H = Calor suministrado, en Btu/hr.

S = Densidad relativa del líquido, adimensional.

C_p = Capacidad calorífica del líquido, en Btu/lb °F.

β = Coeficiente de expansión volumétrica, en °F⁻¹.

Agua: 0.0001 Hidrocarburos ligeros: 0.001

Gasolina: 0.0008 Destilados: 0.0006

Aceites residuales: 0.0004

4.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

Después de haber establecido las formas de cálculo de las masas a relevar en cada uno de los casos que pueden provocar sobrepresión, se puede hablar ahora sobre la parte que corresponde al dimensionamiento ó diseño de los dispositivos de seguridad.

Esta parte comprende una serie de ecuaciones, gráficas y tablas que son proporcionados principalmente por el Manual API-RP-520 y por la Sección VIII del Código ASME, con respecto a las válvulas de relevo de presión. Por otro lado, para el dimensionamiento de los discos de ruptura, se hace uso del Manual Crane Technical Paper No. 410, así como del Manual de fabricante BS&B Safety Systems, por ser los documentos en los cuales se basan la mayoría de los diseñadores de estos dispositivos de seguridad.

4.5.1 ECUACIONES DE DISEÑO PARA VALVULAS DE RELEVO DE PRESION.

4.5.1.1 VALVULAS DE RELEVO EN SERVICIO LIQUIDO:

Las ecuaciones empleadas para el diseño de válvulas de relevo están de acuerdo a la viscosidad que presente el fluido a manejar, por ello se tiene la clasificación siguiente:

- Válvulas de relevo en servicio de líquidos no viscosos.
- Válvulas de relevo en servicio de líquidos viscosos.

Esta clasificación comprende una serie de parámetros bien definidos que hacen el cálculo comodo y rápido, lo que representa una gran ventaja en el momento del diseño.

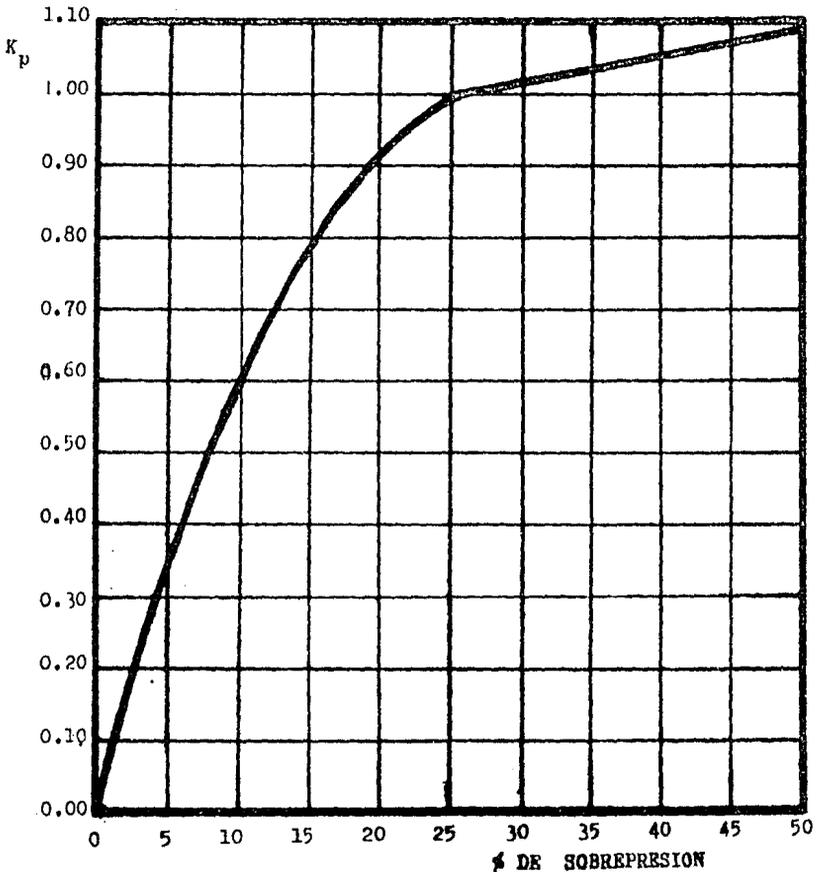
a:) VALVULAS DE RELEVO EN SERVICIO DE LIQUIDOS NO VISCOSOS:

Para el diseño de válvulas de relevo que se empleen en servicio de líquidos no viscosos, el Manual API establece la ecuación:

$$A = \frac{\text{gpm}}{27.2 K_p K_w K_v \sqrt{\frac{G}{(P - P_b)}}} \quad (4.17)$$

Donde:

- A = Area de descarga efectiva, en pulg².
- gpm = Flujo volmétrico a la sobrepresión seleccionada, en Gal/min.
- K_p = Factor de corrección de capacidad debida a la sobrepresión. En la mayoría de los casos las válvulas de relevo son dimensionadas en base al 25% de sobrepresión, en tal caso K_p = 1.00 . El factor para otros porcentajes puede ser obtenido de la Figura 4.6 .
- K_w = Factor de corrección de capacidad debeida a la contrapresión. Si la contrapresión es atmosférica, el factor puede ser omitido ó darle un valor a K_w = 1.00 .
Válvulas convencionales en servicio con contrapresión no requieren una corrección especial: K_w = 1.00 .
Válvulas de fuelles balanceados sí requieren el factor de corrección, el cual es determinado de la Figura 4.7 .
- K_v = Factor de corrección de capacidad debida a la viscosidad, para la mayoría de las aplicaciones la viscosidad no es significativa por lo que K_v = 1.00 .
- P = Presión de ajuste a la cual la válvula de relevo empieza a abrir, en psig.
- P_b = Contrapresión, en psig.
- G = Gravedad específica del líquido a la temperatura que fluye, referida al agua = 1.00 a 70 °F.

**NOTA:**

La curva superior muestra que hasta 25% de sobrepresión, la capacidad de la válvula se ve afectada por el cambio de levantamiento del disco, el cambio en el coeficiente de descarga y el cambio en sobrepresión. Arriba de 25% la capacidad de la válvula se ve afectada por el cambio en la sobrepresión. Las válvulas que operan a bajos valores de sobrepresión tienden a "castañear", por lo que deberá evitarse trabajar con sobrepresiones menores de 10%.

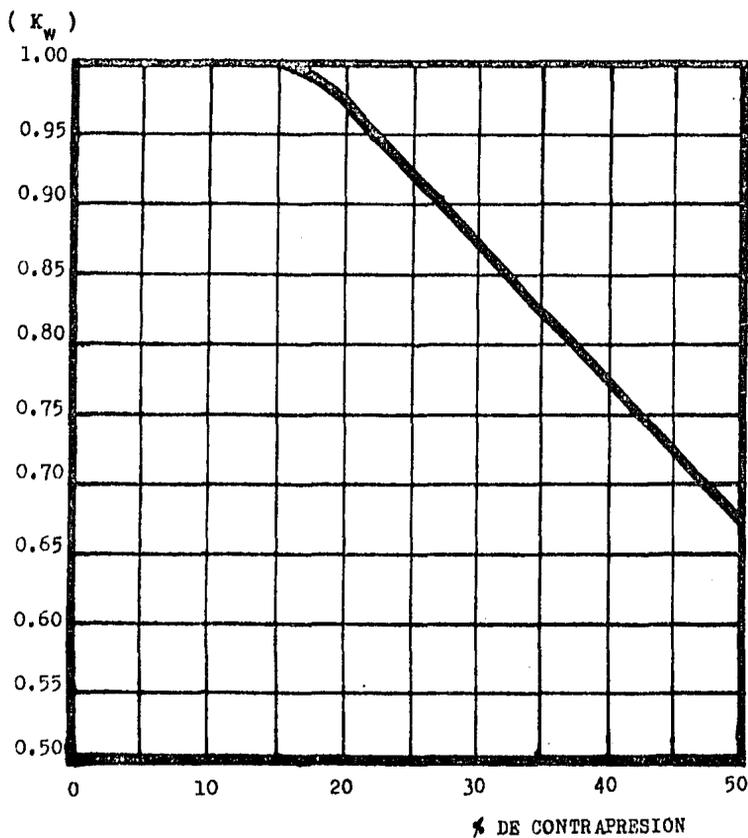
FACTOR DE CORRECCION DE CAPACIDAD
DEBIDA A SOBREPRESION K_p

FIG.
4.6

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

TESIS PROFESIONAL

**NOTAS:**

$$K_w = \frac{\text{CAPACIDAD CON CONTRAPRESION VARIABLE}}{\text{CAPACIDAD DE DISEÑO BASADA SOBRE } \sqrt{P - P_b}}$$

$$\% \text{CONTRAPRESION} = \frac{\text{CONTRAPRESION, PSIG}}{\text{PRESION DE AJUSTE, PSIG}} \times 100$$

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION DE CAPACIDAD
DEBIDA A CONTRAPRESION K_w

FIG.
4.7

TESIS PROFESIONAL

b:) VALVULAS DE RELEVO EN SERVICIO DE LIQUIDOS VISCOSOS:

Cuando se dimensiona el área de relevo para válvulas que se emplean en servicio de líquidos viscosos, es necesario determinar el Número de Reynolds (R), con lo que el factor de corrección K_v puede ser conocido. R es calculado a partir de la Ec. (4.18) ó (4.19)., usando un área preliminar calculada por medio de la Ec. (4.17).

El tamaño del orificio es seleccionado del primer tamaño mayor que el área calculada. Cuando R es encontrado, K_v es obtenido de la Figura 4.8., el área es entonces calculada en base a la ecuación del fluido viscoso. Si el área calculada es mayor que el área seleccionada para determinar R , el siguiente tamaño de orificio estándar es usado para recalcular el área, hasta que el Reynolds correcto es empleado para el tamaño del orificio comunmente utilizado.

El Número de Reynolds puede ser determinado a partir de:

$$R = \frac{\text{gpm} (2\ 800\ G)}{\mu \sqrt{A}} \quad (4.18)$$

$$R = \frac{12\ 700\ \text{gpm}}{U \sqrt{A}} \quad (4.19)$$

Donde:

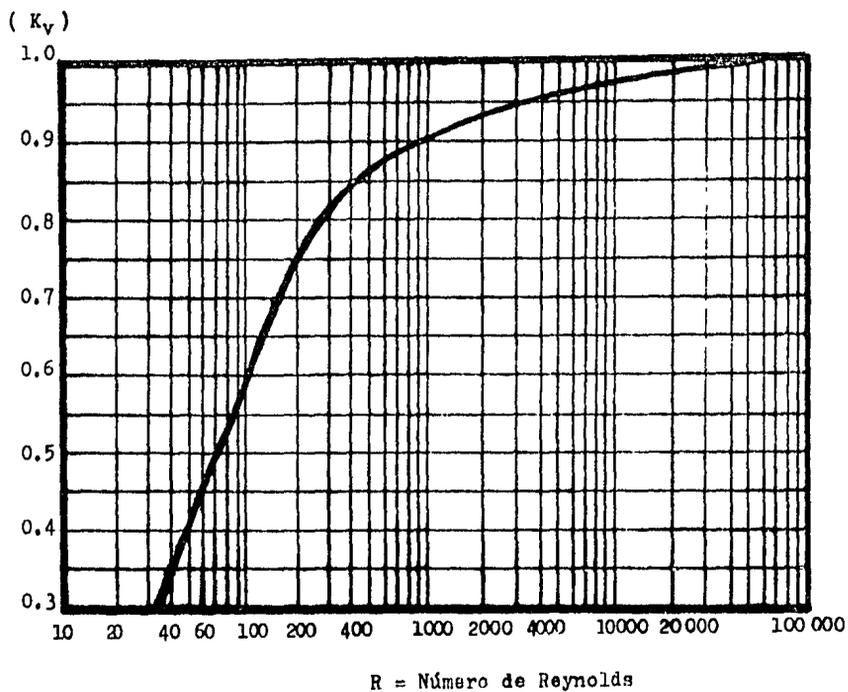
gpm = Flujo volumétrico a la temperatura que fluye el fluido, en Gal/min.

G = Gravedad específica del líquido a la temperatura que fluye, referida al agua = 1.00 a 70°F

μ = Viscosidad absoluta a la temperatura que fluye el fluido, en Centipoises.

U = Viscosidad a la temperatura que fluye el fluido, en Segundos Saybolt Universal (SSU).

A = Area de descarga efectiva, en pulg².



Factor de Corrección de Capacidad debida a la Viscosidad : K_v

GRAFICA PARA EL FACTOR K_v	FIG. 4.8	E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
		TESIS PROFESIONAL

4.5.1.2 VALVULAS DE SEGURIDAD EN SERVICIO GAS O VAPOR:

El dimensionamiento de válvulas de seguridad y -
 válvulas de seguridad/relevo en servicio de gas o vapor se basa en -
 las ecuaciones siguientes:

$$A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C K P_1 K_b \sqrt{M}} \quad (4.20)$$

$$A = \frac{V \sqrt{T Z M}}{6.32 C K P_1 K_b} \quad (4.21)$$

$$A = \frac{V \sqrt{T Z G}}{1.175 C K P_1 K_b} \quad (4.22)$$

Donde:

- A = Area de descarga efectiva, en pulg².
- W = Flujo a través de la válvula, en lb/hr.
- Z = Factor de compresibilidad para la desviación de los gases del estado ideal. Este factor puede ser obtenido de la Tabla 4.3 y Figura 4.9, o de la Figura 4.10 .
- C = Coeficiente determinado por la relación de calores específicos del gas o vapor ($n=k=C_p/C_v$) a condiciones estándar. Puede ser obtenido de la Figura 4.11 o de la Tabla dada en la Figura 4.12a., y Figura 4.12b .
- K = Coeficiente de descarga, cuyo valor es obtenido del fabricante de la válvula. El valor de K para un número de válvulas es de 0.975 .
- P₁ = Presión corriente arriba, en psia. Esta es la presión de ajuste multiplicada por 1.10 o 1.20 (dependiendo de la cantidad de acumulación permisible) más la presión atmosférica.
- K_b = Factor de corrección de capacidad debida a la contrapresión. Este factor puede ser obtenido de la Figura 4.13., la cual aplica para válvulas de tipo convencional, o de

la Figura 4.14 que aplica para válvulas tipo balanceadas. Con relación a la Figura 4.13., para presiones de ajuste menores de 50 psig, el fabricante de la válvula deberá ser consultado para conocer el valor correcto de K_v .

M = Peso molecular del gas o vapor. Este valor debe ser obtenido de los datos de proceso.

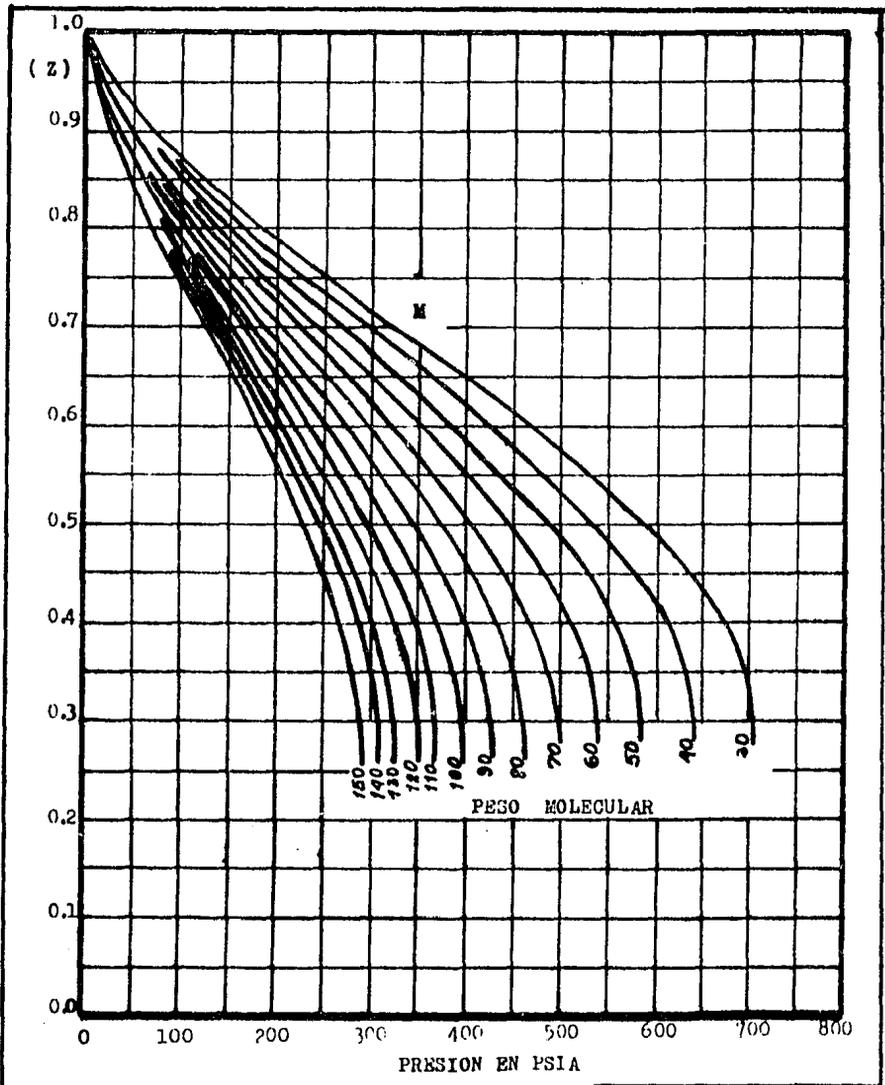
V = Flujo a través de la válvula, en pie^3/min a 14.7 psia y 60 °F.

G = Gravedad específica del gas o vapor, referida al aire. (1.00 a 60 °F y 14.7 psia)

La mayoría de los fabricantes establecen sus métodos de dimensionamiento en base a la Ec. (4.20)., basada en el gasto en masa en lugar del gasto volumétrico, por lo que ésta ecuación es la más comúnmente empleada.

COMPUESTO	FORMULA	PESO MOLECULAR	TEMP. CRITICA (° F)	PRESION CRITICA (psia)
Metano	CH ₄	16.042	-116.5	673.1
Etano	C ₂ H ₆	30.068	90.0	709.8
Propano	C ₃ H ₈	44.094	206.3	617.4
n-Butano	C ₄ H ₁₀	58.120	305.6	550.7
Isobutano	C ₄ H ₁₀	58.120	275.0	529.1
Neopentano	C ₅ H ₁₂	72.146	321.1	464.0
Isopentano	C ₅ H ₁₂	72.146	370.0	483.0
n-Hexano	C ₆ H ₁₄	86.172	454.5	440.0
n-Heptano	C ₇ H ₁₆	100.198	512.6	397.0
n-Octano	C ₈ H ₁₈	114.224	562.2	362.0
Etileno	C ₂ H ₄	28.052	49.8	742.0
Propileno	C ₃ H ₆	42.078	197.2	670.0
Ciclohexano	C ₆ H ₁₂	70.130	461.5	655.0
Benceno	C ₆ H ₆	78.110	553.1	715.7
Tolueno	C ₇ H ₈	92.13	609.4	611.0
o-Xileno	C ₈ H ₁₀	106.160	677.1	542.0
m-Xileno	C ₈ H ₁₀	106.160	655.0	529.0
p-Xileno	C ₈ H ₁₀	106.160	633.0	514.0
Cumeno	C ₉ H ₁₂	120.190	684.9	470.0
Amoníaco	NH ₃	17.03	270.4	1636.0
Bióxido de C	CO ₂	44.011	87.9	1070.0
Monóxido de C	CC	28.01	-220.4	507.4
Ac. Sulfhídrico	H ₂ S	34.08	212.7	1306.0
Nitrógeno	N ₂	28.016	-233.0	492.2
Hidrógeno	H ₂	2.016	-385.0	309.0
Agua	H ₂ O	18.016	705.4	3206.0
Freón 11	CCl ₃ F	137.38	388.4	635.0
Freón 12	CCl ₂ F ₂	120.92	232.7	582.0
Cloroformo	CHCl ₃	119.39	506.1	794.0

E. N. E. P "ZARAGOZA"		
U N A M		
PROPIEDADES CRITICAS DE ELEMENTOS Y COMPUESTOS	TABLA. 4.3	TESIS PROFESIONAL



FACTOR DE COMPRESIBILIDAD : $Z = PV/RT$

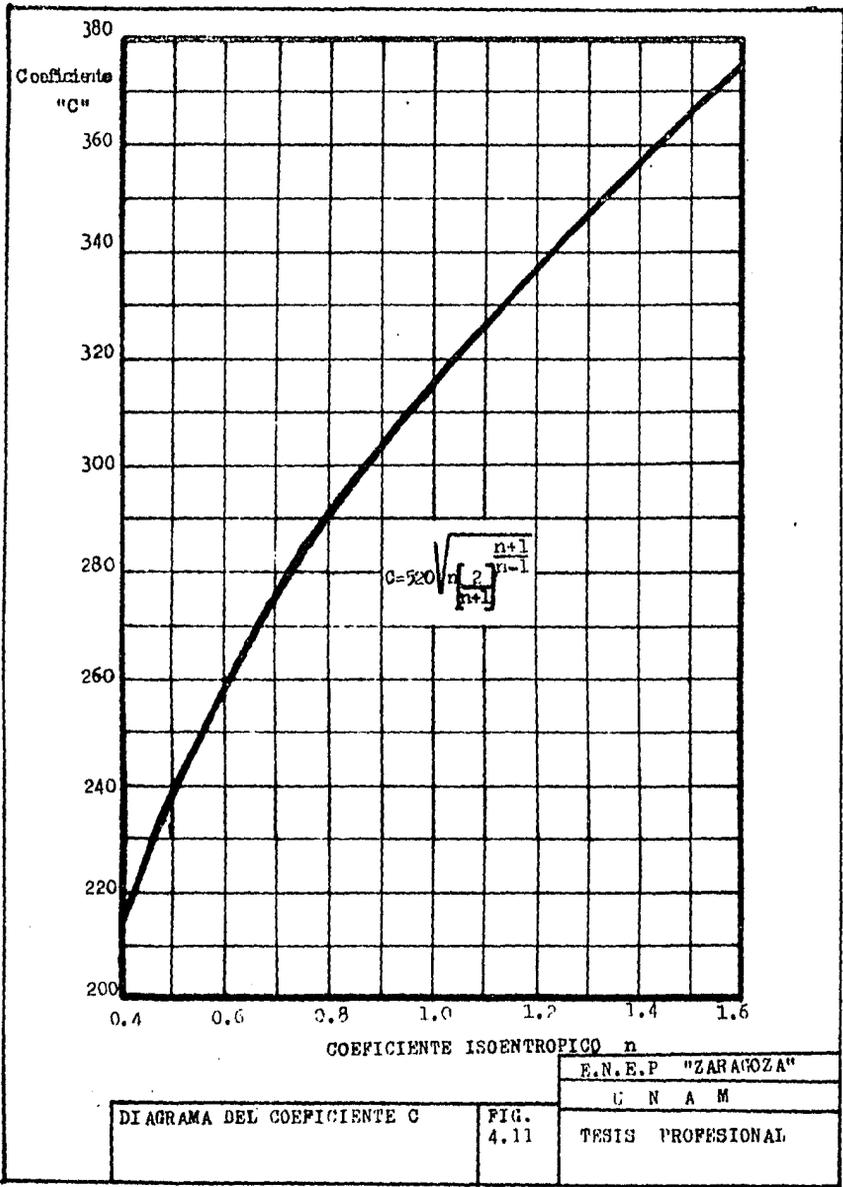
E.N.E.P "ZARAGOZA"

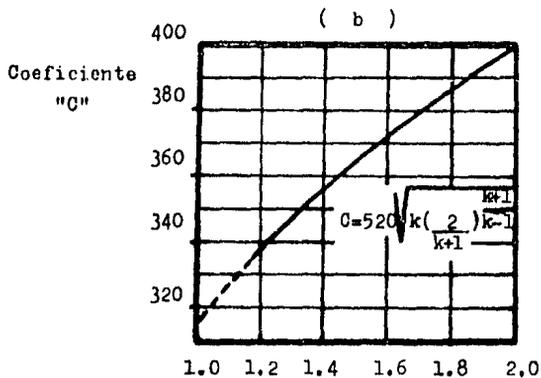
U N A M

Z PARA HIDROCARBURS PARAFINICOS
EN CONDICION DE VAPOUR SATURADO

FIG.
4.10

TESIS PROFESIONAL



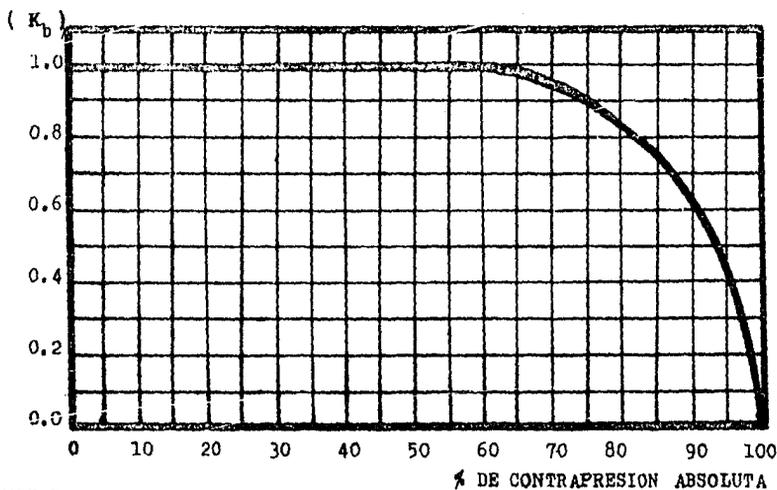


Relación de Calores Específicos : $k=C_p/C_v$

k	CONSTANTE C	k	CONSTANTE C	k	CONSTANTE 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	375
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		

(a) : Tabla para determinar el Coeficiente C.

		E.N.E.P "ZARAGOZA"
		U N A M
DIAGRAMA Y TABLA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE C	FIG. 4.12	TESIS PROFESIONAL



NOTAS:

$$K_b = \frac{\text{CAPACIDAD CON CONTRAPRESION}}{\text{CAPACIDAD CALCULADA SIN CONTRAPRESION}}$$

$$\% \text{ CONTRAPRESION ABSOLUTA} = \frac{\text{CONTRAPRESION, PSIA}}{\text{PRESION AJUSTE + SOBREPRESION, PSIA}} \times 100$$

- Esta carta es típica y propia para usarse solamente cuando la característica de la válvula o la presión crítica puntual actual del flujo para el vapor o gas es desconocida; Si se conoce el fabricante, éste debe ser consultado para especificar el dato.

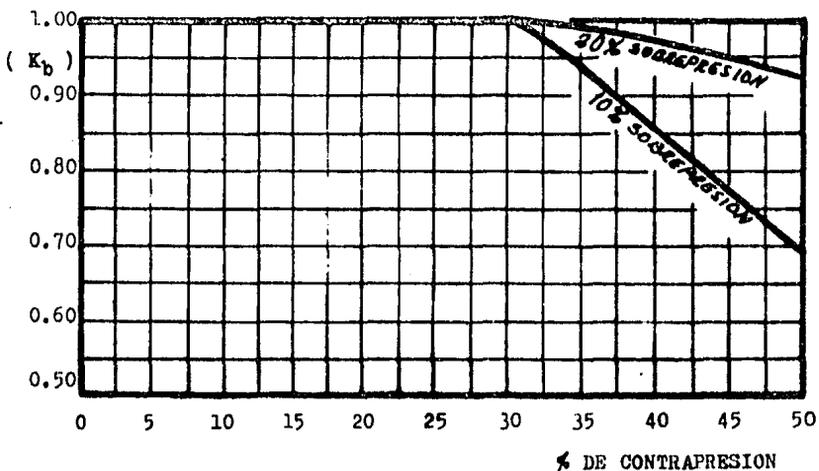
E.N.F.P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION DE CAPACIDAD
K_b VALVULA TIPO CONVENCIONAL

FIG.
4.13

TESIS PROFESIONAL

**NOTAS:**

$$K_b = \frac{\text{CAPACIDAD CON CONTRAPRESION}}{\text{CAPACIDAD CALCULADA SIN CONTRAPRESION}}$$

$$\% \text{ CONTRAPRESION} = \frac{\text{CONTRAPRESION, PSIG}}{\text{PRESION AJUSTE, PSIG}} \times 100$$

- Las curvas representan un compromiso de los valores recomendados por los principales fabricantes de válvulas y pueden ser usados cuando el origen de fabricación o la presión crítica puntual actual del flujo para vapor o gas se desconoce. Cuando se conoce al fabricante éste debe ser consultado para conocer el factor de corrección K_b .
- Estas curvas son para presiones de ajuste igual o mayores de 50 psig; Para presiones de ajuste menores de 50 psig, el fabricante debe ser consultado para los valores de K_b .

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION DE CAPACIDAD
 K_b VALVULA TIPO BALANCEADA.

FIG.
 4.14

TESIS PROFESIONAL

4.5.1.3 VALVULAS DE SEGURIDAD EN SERVICIO DE VAPOR DE AGUA:

Las válvulas de seguridad y seguridad/relevo en servicio de vapor de agua son dimensionadas mediante la ecuación:

$$A = \frac{W}{50 P_1 K_{sh}} \quad (4.23)$$

Donde:

A = Area de descarga efectiva, en pulg².

W = Gasto en masa, en lb/hr.

P₁ = Presión corriente arriba, en psia. Esta presión es la de ajuste multiplicada por 1.03 o 1.10 (dependiendo de la acumulación permisible) más la presión atmosférica.

El Código ASME para calentadores, permite sólo el 3% de acumulación con relación al 90% de capacidad. Otras aplicaciones pueden necesitar del código en su parte de recipientes a presión no expuestos a fuego, la cual permite el 10% de acumulación.

K_{sh} = Factor de corrección debido a la cantidad de sobrecalentamiento en el vapor. Este factor puede ser obtenido de la Tabla 4.4 .

Para vapor saturado a cualquier presión, K_{sh} = 1.00 .

El factor 50 es una constante usada en la ecuación que proporciona el Manual API, éste factor es ligeramente diferente del valor dado en la Sección VIII del Código ASME, el cual usa un valor de 51.5 .

Aquí cabe agregar que el Código ASME, además de utilizar el valor de 51.5 también usa un coeficiente de descarga K, cuyo valor es variable dependiendo del fabricante. Cuando los dos valores del factor son combinados, el valor resultante es algunas veces menor y algunas veces mayor que el valor de 50 del Manual API. Por ello se tiene que el factor de 50 puede ser reemplazado por el término " 51.5 K ", donde K es el coeficiente de descarga conocido para la válvula usada.

P psig	T °F	Factor de Corrección K_{gh}											
		0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88
10	240	269	305	335	368	400	428	460	492	520	545	570	595
20	259	286	315	343	375	405	433	463	492	518	542	565	590
40	287	310	335	357	382	410	440	467	493	515	540	561	585
60	308	330	350	370	390	422	450	472	495	515	537	560	580
80	324	345	365	385	405	432	460	478	497	515	535	556	580
100	338	360	375	395	415	440	466	485	500	515	535	555	580
120	350	370	388	405	425	450	475	490	505	520	537	557	581
140	361	...	398	415	435	455	480	497	510	525	540	560	585
160	370	...	406	425	443	463	487	502	516	530	545	565	586
180	379	...	415	432	450	470	492	508	523	535	550	570	590
200	388	...	420	440	456	475	497	513	527	540	555	575	592
220	396	...	430	445	463	480	502	517	532	546	560	577	596
240	403	...	435	452	470	485	507	522	537	550	565	583	600
260	409	...	440	460	475	490	512	526	541	555	569	586	603
280	416	...	447	465	480	495	516	531	545	558	573	590	606
300	422	...	452	470	485	500	520	535	550	562	577	593	610
350	433	...	465	480	496	512	530	545	558	572	586	602	618
400	448	...	475	492	508	523	540	553	566	580	595	610	626
500	470	...	495	513	526	543	557	568	582	597	610	625	646
600	489	...	512	530	543	556	570	585	596	610	625	638	655
800	520	...	545	558	570	585	597	610	625	635	650	665	680
1000	546	...	567	582	595	608	620	633	645	660	675	688	705
1250	574	...	593	605	620	630	640	655	668	681	696	710	725
1500	597	...	...	630	642	653	664	676	688	702	715	728	744
1750	619	...	...	647	660	670	680	692	704	717	730	743	759
2000	637	...	...	665	675	685	696	708	719	732	745	757	773
2500	670	...	...	690	702	712	723	733	742	755	766	780	795
3000	697	...	...	713	723	733	742	751	762	773	785	795	812

E. N. E. P. "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION K_{gh} TABLA.
4.4

TESIS PROFESIONAL

P psig	T °F	Factor de Corrección K_{sh}											
		0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76
10	240	618	645	670	695	725	755	783	817	850	885	920	955
20	259	613	640	665	690	720	748	780	813	847	885	918	954
40	287	610	635	660	685	715	742	775	810	845	880	916	952
60	308	607	630	655	683	710	740	770	807	840	880	915	951
80	324	605	630	653	680	708	736	770	805	840	878	915	950
100	338	605	628	652	680	706	735	768	805	840	877	914	950
120	350	605	630	652	680	706	735	767	804	838	876	913	949
140	361	607	630	654	678	705	732	765	804	838	876	912	949
160	370	610	632	655	678	703	730	765	803	837	875	912	949
180	379	612	635	656	680	702	730	764	802	837	875	911	948
200	388	615	636	658	680	703	729	764	801	835	875	911	948
220	396	617	640	660	682	705	730	763	800	835	875	911	947
240	403	620	641	664	685	706	730	763	799	835	875	910	947
260	409	623	645	666	686	710	731	763	800	835	874	910	946
280	416	626	647	668	690	712	734	764	800	835	874	910	946
300	422	630	650	670	692	715	733	765	800	835	873	910	946
350	433	637	657	678	700	722	741	770	804	835	874	915	948
400	448	645	665	685	707	730	750	775	808	840	876	918	950
500	470	660	680	700	722	743	763	788	820	849	885	925	957
600	489	675	693	715	735	756	776	799	830	858	893	935	965
800	520	700	718	738	758	780	800	820	850	877	910	950	981
1000	546	723	740	760	778	800	820	840	867	893	925	965	994
1250	574	738	762	780	800	820	840	860	885	910	940	975	...
1500	597	762	780	798	817	838	857	878	902	927	955	985	...
1750	619	777	795	812	832	852	871	892	915	938	965	993	...
2000	637	790	810	825	845	865	885	905	928	950	975	1000	...
2500	670	815	830	848	866	887	906	927	948	968	992	...	...
3000	697	832	850	865	885	905	925	945	965	983	1005	...	...

NOTAS:

1. La presión corresponde a la presión de ajuste.
2. T es la temperatura de saturación.
3. Para valores intermedios se puede interpolar. Aunque es práctico seleccionar el factor de corrección próximo mayor al nivel de presión listado.

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE CORRECCION K_{sh} (continuación) TABLA

4.4

TESIS PROFESIONAL

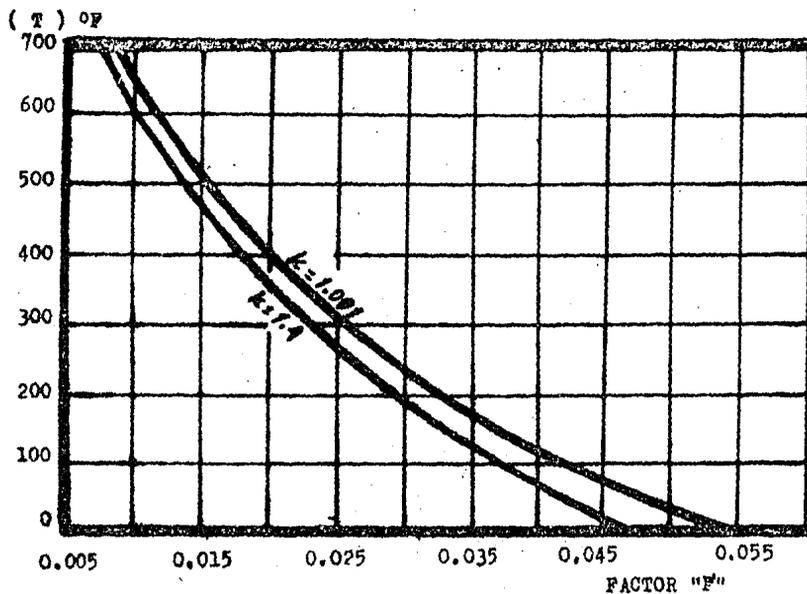
4.5.1.4 VALVULAS DE SEGURIDAD PARA EXPANSION DE GAS POR FUEGO:

El área de descarga para una válvula de seguridad o una válvula de seguridad/relevo, en un recipiente que contenga sólo gas o cuando las condiciones de relevo de presión están por encima del punto crítico, puede ser calculada en base a la expansión térmica del gas debida a fuego externo, por la ecuación:

$$A = \frac{F' A_g}{P_1} \quad (4.24)$$

Donde:

- A = Área de descarga efectiva, en pulg².
- F' = Factor de operación determinado de la Figura 4.15 .
- A_g = Área mojada expuesta a fuego, en pie².
- P₁ = Presión corriente arriba, en psia. Esta es la presión de ajuste multiplicada por 1.20 más la presión atmosférica.

**NOTAS:**

- La temperatura del gas se toma a P_1 .
- Estas curvas son para recipientes de acero al carbón.
- Las curvas se dibujaron usando 1100 °F como temperatura de pared, que es la temperatura máxima recomendada para acero al carbón.
- Para otros metales la temperatura de pared deberá modificarse.
- Se recomienda como máximo valor $F' = 0.01$

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

FACTOR DE OPERACION " F' "

FIG.
4.15

TESIS PROFESIONAL

4.5.2 ECUACIONES DE DISEÑO PARA DISCOS DE RUPTURA.

4.5.2.1 DISCOS DE RUPTURA EN SERVICIO GAS:

Los discos de ruptura empleados para el manejo de gases son dimensionados por medio de la ecuación:

$$a = \frac{V \sqrt{S_g T'}}{260 P'} \quad (4.25)$$

Donde:

- a = Area de flujo requerida, en pulg².
- V = Flujo volumétrico, en pie³/min a condiciones estándar, 14.7 psia y 60 °F.
- S_g = Gravedad específica del gas relativa al aire.
- T' = Temperatura absoluta de ruptura, en °R.
- P' = Presión de diseño del recipiente más el 10% de esa presión de diseño, en psia.

4.5.2.2 DISCOS DE RUPTURA EN SERVICIO LIQUIDO:

Para discos que manejan líquidos, la ecuación de dimensionamiento es la siguiente:

$$a = 0.0438 Q \sqrt{\frac{S}{P}} \quad (4.26)$$

Donde:

- a = Area de flujo requerida, en pulg².
- Q = Flujo volumétrico, en Gal/min.
- S = Gravedad específica del líquido, relativa al agua a 60 °F.
- P = Diferencia de presión (usualmente es igual a P', que es la presión de diseño más el 10% de presión de diseño).

4.5.2.3 DISCOS DE RUPTURA EN SERVICIO DE VAPOR DE AGUA:

La ecuación de diseño para discos de ruptura que se emplean en servicio de vapor de agua va a depender de la categoría del vapor, por lo que se tiene:

$$\text{Vapor seco y saturado:} \quad a = \frac{W}{30 P'} \quad (4.27)$$

Vapor inicialmente sobrecalentado:

$$a = \frac{W (1 + 0.00065 T)}{30 P'} \quad (4.28)$$

Vapor inicialmente húmedo:

$$a = \frac{W (1 - 0.012 Y)}{30 P'} \quad (4.29)$$

Donde:

a = Área de flujo requerida, en pulg^2 .

W = Gasto en masa, en lb/hr .

T = Número de grados de sobrecalentamiento, en $^{\circ}\text{F}$.

P' = Presión de diseño del recipiente más el 10% de esa presión de diseño, en psia .

Y = % de humedad (100 menos la calidad de vapor).

4.6 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO:

Es conveniente mostrar la forma en que son determinados los parámetros de diseño de los dispositivos de seguridad, para que en base a ello se cuente con la herramienta necesaria y suficiente para diseñar a los mismos.

a.) DETERMINACION DE P :

P es la presión de ajuste de la válvula más la acumulación permisible y su valor puede ser determinado a partir de la Tabla 4.1 .

b.) DETERMINACION DE T :

T es la temperatura de relevo correspondiente a la presión de relevo acumulada, su cálculo va a depender del tipo de mezcla que se trabaje, siendo necesario entonces establecer los casos siguientes:

- Un Solo Componente: En este caso, T representa el punto de ebullición del componente correspondiente a la presión de relevo acumulada. Una vez que P es conocido, T puede ser obtenido mediante la curva presión de vapor/temperatura del componente de que se trate.
- Mezcla Multicomponente Homogénea Ideal: Las mezclas ideales siguen las leyes de Dalton y Raoult. De acuerdo a la Ley de Dalton, la presión total de una mezcla gaseosa (vapor) es la suma de las presiones parciales de los componentes en la mezcla, siendo su fórmula matemática la siguiente:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (4.30)$$

Donde:

P_i = presión parcial del componente i .

Para establecer la temperatura T, será necesario conocer la composición de la fase líquida en equilibrio. Para ello se hace uso de la Ley de Raoult, la cual relaciona la presión parcial del componente con la composición de la fase líquida en equilibrio mediante la ecuación:

$$P_i = x_i P_i^{\circ} \quad (4.31)$$

Donde:

x_i = Concentración molar del componente i en la fase líquida.

P_i° = Presión de vapor del componente i a la temperatura T .

De aquí:

$$P = \sum_{i=1}^n x_i P_i^{\circ} \quad (4.32)$$

Para calcular la temperatura de relevo T se hace uso del siguiente algoritmo de cálculo:

- 1) Asumir una temperatura y obtener la presión de vapor de cada componente en la mezcla.
 - 2) Multiplicar cada fracción mol de los componentes por su presión de vapor y sumar.
 - 3) Si la suma es igual a P , la temperatura asumida representa a T , si esto no ocurre, se repite el procedimiento hasta lograrlo.
- Mezcla No-Ideal en la Fase Líquida: Para mezclas de hidrocarburos que son ideales en la fase vapor y no-ideales en la fase líquida, la Ley de Raoult no aplica, pero sí la Ley de Dalton, mediante la relación siguiente:

$$\sum_{i=1}^n K_i x_i = 1.0 \quad (4.33)$$

Donde:

K_i = Relación de vaporización en equilibrio del componente i en la mezcla. K_i está en función de la temperatura y presión total del sistema. Su valor es determinado experimentalmente en laboratorio.

Para calcular la temperatura de relevo T:

- 1) Asumir una temperatura para obtener K_i .
 - 2) Multiplicar el valor de K_i por x_i (fase líquida en equilibrio) y sumar.
 - 3) Si la suma es 1.0, la temperatura asumida representa el punto de burbuja de la mezcla y la temperatura T. Si no se satisface la igualdad, se repite el procedimiento.
- Mezcla Inmiscible Hidrocarburo/Agua: En este caso la presión de relevo se calcula como:

$$P = P_h^0 + P_a^0 \quad (4.34)$$

Donde:

P_h^0 = Presión de vapor del hidrocarburo.

P_a^0 = Presión de vapor del agua.

Para calcular la temperatura de relevo T:

- 1) Asumir una temperatura y obtener P_h^0 y P_a^0 .
 - 2) Sumar las presiones de vapor antes obtenidas.
 - 3) Si la suma es igual a P, la temperatura asumida representa a T, si no, se repite el procedimiento.
- Mezcla Inmiscible Multicomponente Hidrocarburo/Agua: Para idealidad en la fase líquida, las ecuaciones siguientes aplican:

$$P = P_{hm}^0 + P_a^0 \quad (4.35)$$

$$P = \sum_{i=1}^n (P_i^0 x_i) + P_a^0 \quad (4.36)$$

Donde:

P_{hm}^0 = Presión de vapor de la mezcla de hidrocarburos.

Para el cálculo de la temperatura de relevo T:

- 1) Asumir una temperatura y obtener P_i^0 y P_a^0 .
- 2) Multiplicar P_i^0 por x_i .
- 3) Sumar las presiones de vapor en la Ec. (4.36)., si la suma es igual a P, la temperatura asumida representa a T, si no, se repite el procedimiento.

Para la no-idealidad en la fase líquida se puede aplicar la relación siguiente:

$$P_h = P - P_a^0 \quad (4.37)$$

Donde:

P_h = Presión parcial de la mezcla de hidrocarburos.

Para el cálculo de la temperatura de relevo T, se tiene:

- 1) Asumir una temperatura y obtener P_a^0 .
- 2) Aplicar la Ec. (4.37)., para obtener la presión de vapor de la mezcla de hidrocarburos.
- 3) Obtener los valores de K_i a la temperatura asumida y a la presión P_h .
- 4) Multiplicar K_i por x_i , en la fase líquida de los hidrocarburos, y sumar. Emplear la Ec. (4.33)
- 5) Si la suma es igual a 1.0, la temperatura asumida es la temperatura de relevo T, si no, se repite el procedimiento.

c:) DETERMINACION DE Z :

Z es el factor de compresibilidad y está en función de la presión y temperaturas reducidas de los componentes. Para su cálculo es necesario analizar los casos siguientes:

- Un Solo componente: Para determinar Z es básico contar con los valores de las condiciones de temperatura y presión críticas, los valores de las condiciones críticas se encuentran tabuladas para una gran cantidad de compuestos. Para el cálculo de las condiciones reducidas existen las relaciones siguientes:

$$P_r = P/P_c \quad (4.38)$$

$$T_r = T/T_c \quad (4.39)$$

Donde:

P_r = Presión reducida, en psia.

P_c = Presión crítica, en psia.

T_r = Temperatura reducida, en °R.

T_c = Temperatura crítica, en °R.

Obteniendo P_r y T_r el factor Z es determinado a partir de una carta de factor de compresibilidad.

- Mezcla Multicomponente (vapor): Para una mezcla multicomponente se pueden aplicar las relaciones siguientes:

$$P_c(\text{mezcla}) = \sum_{i=1}^n P_{c_i} y_i \quad (4.40)$$

$$P_r(\text{mezcla}) = P/P_c(\text{mezcla}) \quad (4.41)$$

$$T_c(\text{mezcla}) = \sum_{i=1}^n T_{c_i} y_i \quad (4.42)$$

$$T_r(\text{mezcla}) = T/T_c(\text{mezcla}) \quad (4.43)$$

Donde:

x_i = Fracción mol del componente i en la fase líquida.

y_i = Fracción mol del componente i en la fase vapor.

Una vez calculadas las condiciones reducidas de mezcla, Z es determinada a partir de cartas de factor de compresibilidad.

d.) DETERMINACION DE M :

M es el peso molecular, este parámetro es obtenido de la literatura cuando se trata de un solo componente. Cuando se trabaja con mezclas multicomponentes se puede calcular el peso molecular de la mezcla a partir de la relación siguiente:

$$M_{\text{mezcla}} = \sum_{i=1}^n M_i y_i \quad (4.44)$$

Donde:

y_i = Fracción mol del componente i en la fase vapor.

M_i = Peso molecular del componente i .

e.) DETERMINACION DE C :

C representa el coeficiente de expansión. Para la mayoría de las aplicaciones, la presión corriente abajo de la válvula será menor que el 50% de la presión absoluta corriente arriba. Esto dará como resultado tener un flujo crítico de vapor a través de la válvula, debido a la expansión de vapor en la misma. Para el cálculo de C se aplica entonces la relación:

$$C = 520 \sqrt{n \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}}} \quad (4.45)$$

$$n = \frac{M C_p}{M C_p - 1.99} \quad (4.46)$$

Donde:

n = Coeficiente politrópico.

C_p = Calor específico a presión constante del vapor o de la mezcla vapor.

La Ec. (4.46) es sólo válida para vapor o mezclas de vapor ideal. En la mayoría de las aplicaciones industriales, la presión de relevo será considerablemente menor que la presión crítica, y la suposición de

idealidad es entonces válida. Para un solo componente, C puede ser calculada a partir de las Ecs. (4.45) y (4.46) conociendo el peso molecular del componente y su calor específico a presión constante a la temperatura de relevo.

Para una mezcla multicomponente, se requiere calcular $(M C_p)_{\text{mezcla}}$ para poder calcular el valor de C. Aquí aplica la relación:

$$(M C_p)_{\text{mezcla}} = \sum_{i=1}^n (M_i C_{p_i} - w_i) \quad (4.47)$$

Donde:

w_i = Fracción en peso del componente i en la mezcla de vapor.

f:) DETERMINACION DE W :

Para un solo componente el gasto en masa W, puede ser calculado a partir de la Ec. (4.1). El único dato que se debe buscar en la literatura es el calor latente de vaporización λ ; Cuando se trabaja con mezclas multicomponentes λ puede ser determinado como:

$$\text{mezcla} = \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i M_i / M \quad (4.48)$$

Donde:

λ_i = Calor latente de vaporización del componente i .

Para determinar el valor de y_i será necesario conocer la fracción mol de la fase líquida en equilibrio x_i , en el punto de burbuja correspondiente a la presión de relevo acumulada.

g:) DETERMINACION DE P_b :

Para el cálculo de la Contrapresión Desarrollada en válvulas en servicio de gas o vapor, se hace uso de las ecuaciones siguientes:

$$P_b = \frac{W}{d^2} \frac{\sqrt{\frac{R T'}{k(k+1)}}}{11\,400} \quad (4.49)$$

$$T' = T (2/(k + 1)) \quad (4.50)$$

Donde:

P_b = Contrapresión, en psia.

W = Gasto en masa, lb/hr.

d = Diámetro interior de la tubería, en pulg.

R = 1545/M, Constante de los Gases.

T' = Temperatura a la salida de la válvula, en °R.

T = Temperatura de relevo, en °R.

k = C_p/C_v Relación de calores específicos.

Para su cálculo se tiene el algoritmo siguiente:

- 1) Calcular por tramos, partiendo del extremo final de la línea, el valor de P_b .
- 2) Comparar P_b calculada con la presión del sistema donde descarga la línea.
- 3) Si P_b es igual ó mayor que la presión de relevo, usar el valor de la presión de contrapresión P_b , para calcular la presión en la línea.
- 4) Si P_b es menor que la presión de relevo; entonces usar la presión de relevo para calcular la presión en la línea.

4.7 SELECCION DEL TAMAÑO DE VALVULAS DE RELEVO DE PRESION.

Los fabricantes de válvulas de relevo de presión han adoptado tamaños de orificio estándar para simplificar la selección y diseño de estos dispositivos. Entre 0.110 y 26.00 pul.² existen 14 diferentes tamaños de áreas de orificio, designadas por las letras D_ hasta T, con la excepción de I, O y S.

La Tabla 4.5., muestra las áreas de orificio estándar (área de descarga efectiva) que forma parte de los requerimientos del Manual API-RP-526 " Flanged Steel Safety Relief Valves for Use in Petroleum Refining ". Es importante hacer notar una serie de observaciones que deben ser tomadas en consideración al seleccionar el tamaño de la válvula, y estas son las siguientes:

- 1) Cuando se diseñe una válvula para servicio de gas o vapor, el tamaño de orificio seleccionado deberá ser el tamaño próximo superior a el área calculada.
- 2) En caso de válvulas en servicio líquido, es más importante que el área de orificio seleccionada sea lo más próxima posible a el área calculada.
- 3) Areas de orificio pequeñas son disponibles, pero no están diseñadas bajo código, estos tamaños no están estandarizados para extenderse a los listados en la Tabla 4.5 .
- 4) Areas de orificio muy grandes, que no sean contempladas en la Tabla 4.5., son disponibles, pero normalmente no son listados en los catálogos y boletines de los fabricantes. En todo caso es preferible emplear dos o más válvulas que cubran el área de orificio requerida.

<u>DESIGNACION DE ORIFICIO</u>	<u>AREA DE ORIFICIO</u>
<u>LETRA</u>	<u>(pulg²)</u>
D	0.110
E	0.196
F	0.307
G	0.503
H	0.785
J	1.287
K	1.838
L	2.853
M	3.600
N	4.340
P	6.380
Q	11.050
R	16.000
T	26.000

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

AREAS DE ORIFICIO ESTANDAR

TABLA.
4.5

TESIS PROFESIONAL

4.8 SELECCION DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION.

Las válvulas de relevo de presión usualmente poseen cuerpos contruidos de acero colado y accesorios de acero inoxidable. Para requerimientos especiales existen válvulas con cuerpos de aleaciones de acero, acero inoxidable, monel o Hastelloy con accesorios adecuados para las condiciones de operación.

Los resortes son generalmente de acero al carbón para temperaturas de entrada de 450 °F y menores, y de acero-tungsteno para altas temperaturas. Los cuerpos pueden ser niquelados o aluminizados para protección contra corrosión.

En la Figura 4.16., se muestran los materiales de construcción más comunes e importantes empleados en la fabricación de estos dispositivos. Las características, así como la especificación del material, enumerados en la figura son las siguientes:

1:) Acero al Carbón ASTM A216-WCB.

Es el material más comunmente empleado y es adecuado para un amplio rango de fluidos, cuando la corrosión y temperatura extremadamente alta o baja no presentan problema.

2:) Acero Inoxidable 316.

Este no es sólo un material empleado en la construcción del cuerpo, sino que cubre casi todos los materiales empleados en la válvula, por su gran resistencia a la corrosión.

3:) Acero Inoxidable Austenítico ASTM A351-CF8M.

Material que presenta excelentes propiedades de resistencia a la corrosión. Aunque en presencia de cloruros existe la posibilidad de que se presente una corrosión por puntos.

4:) Acero al Carbón ASTM A352-LCB.

Este acero puede ser empleado para condiciones de operación a bajas temperaturas. Su contenido máximo de carbón es de 0.25% y es usualmente probado para impacto a temperaturas menores de -40 °F. Presenta mejores características que el A216-WCB.

5:) Bronce - B62.

Adecuado para temperaturas de proceso muy bajas (-450°F), siendo excelente para el manejo de gases en el rango criogénico.

6:) 3 1/2% Niquel-Acero al Carbón ASTM A352-LC3.

Presenta características de resistencia al impacto y es empleado principalmente para temperaturas del orden de -150°F .

7:) 1/2% Molibdeno-Acero al Carbón ASTM A352-LC1.

Material comunmente empleado para temperaturas que son menores a las que soporta el acero al carbón, cubriendo además temperaturas altas, presentando alta resistencia al impacto en estos límites de temperatura.

8:) Hastelloy B.

Adecuado para uso con ácidos extremadamente corrosivos a temperaturas cercanas al punto de ebullición de los mismos, pero en presencia de agentes oxidantes se nota un incremento en la velocidad de corrosión.

En cuanto a las características del material empleado en la construcción de los internos de las válvulas, se tiene que estos van a depender del tipo de condiciones de operación (temperatura, corrosividad, etc) del fluido que se maneje. Para su selección se recurre a manuales de fabricante, los que generalmente emplean los materiales siguientes:

- Acero Inoxidable Templado:

Es el material más comunmente empleado para la construcción de internos de válvulas, por su gran resistencia a la corrosión y erosión, teniendo características similares al acero inoxidable 304.

Su capacidad al esfuerzo lo hace ideal para boquillas y discos.

- Acero Inoxidable 316:

Usado para boquillas y discos cuando las condiciones de corrosividad hacen que el acero inoxidable templado no sea adecuado.

- Aluminio Bronce/Monel:

El material aluminio bronce es empleado para la boquilla, y el monel para el disco. La combinación de estos materiales es particularmente adecuada para servicio criogénico.

- Hastelloy:

El material Hastelloy B presenta resistencia a la corrosión bajo condiciones reducidas. El Hastelloy C es adecuado para emplearse bajo condiciones oxidantes y reductoras, y consecuentemente es una de las aleaciones universalmente empleadas para servicios corrosivos.

- Monel:

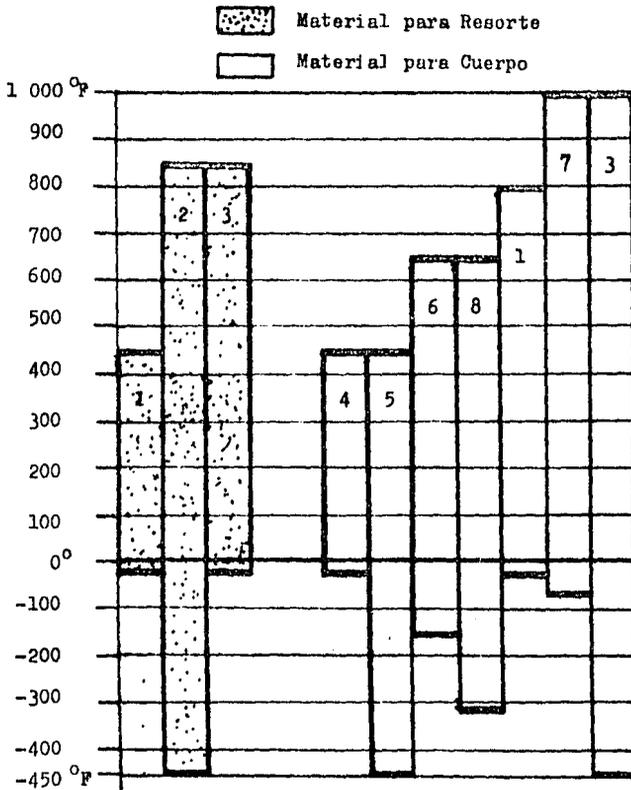
Este material presenta una resistencia excelente a las soluciones de sales y álcalis, y a una gran cantidad de ácidos.

- Acero Inoxidable 304:

Presenta características similares al acero inoxidable 316, exhibe propiedades ideales a bajas temperaturas.

Con relación a los materiales de construcción empleados en la manufactura de discos de ruptura, los más comúnmente usados son: Aluminio, níquel, monel, inconel, acero inoxidable, cobre, grafito, titanio, plata y materiales plásticos.

Los espesores de membrana varían aproximadamente de 0.002 a 0.06 pulg., con diámetros de 1/2 a 24 " .



1. Acero al Carbón ASTM A216-WCB
2. Acero Inoxidable 316
3. Acero Austenítico ASTM A351-CF8M
4. Acero al Carbón ASTM A352-LCB
5. Bronce - B62
6. 3¹/₂% Niquel-Acero al Carbón ASTM A352-LC3
7. 1¹/₂% Molibdeno-Acero al Carbón ASTM A352-LC1
8. Hastelloy B

E.N.E.P "ZARAGOZA"

U N A M

MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA
VALVULASFIG.
4.16

TESIS PROFESIONAL

4.9 METODOLOGIA DE CALCULO - HOJA DE CALCULO.

Para el cálculo del área de orificio requerida en una válvula de relevo de presión se recomienda la siguiente secuencia:

- 1:) Anotar el servicio y equipo en el cual se instalará la válvula.
- 2:) Determinar la presión de relevo.
- 3:) Determinar la acumulación.
- 4:) Calcular la contrapresión.
- 5:) Determinar el tipo de válvula.
- 6:) Determinar las propiedades del fluido (viscosidad, peso molecular, peso específico, etc) a la temperatura del flujo y la presión acumulada.
- 7:) Determinar la temperatura de relevo.
- 8:) Determinar hacia donde releva la válvula (atmósfera ó sistema cerrado).
- 9:) Determinar la condición que gobernará la operación de la válvula.
- 10:) Calcular la capacidad requerida.
- 11:) Calcular el área de orificio requerida.
- 12:) Seleccionar el tipo de orificio.
- 13:) Determinar el número requerido de válvulas (si es necesario).

Esta secuencia en combinación con la hoja de cálculo que se da a continuación, facilitan en gran forma la tarea de diseño, lo que representa un ahorro en tiempo de trabajo y elimina alguna posibilidad de error que se pudiese cometer.

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: _____
 Presión Diseño: ___ psig Presión Relevo: ___ psig Sobrepresión: ___ %
 Contrapresión Constante: ___ psig Contrapresión Variable: ___
 Tipo de Válvula: _____ Servicio: _____
 Peso Molecular: _____ lb/lbmol ρ : _____ lb/pie³ Z: _____
 Peso Específico: _____ Viscosidad: _____ cp
 Temperatura Operación: _____ °F Temperatura Relevo: _____ °F
 Base de Dimensionamiento: _____

CAPACIDAD REQUERIDA

$$A_m = \phi D h + 1.305 D^2 \quad D = ___ \quad h = ___ \quad (\text{Recipiente Vertical})$$

$$A'_m = F_{wp} (\phi D L + 2.61 D^2) \quad D = ___ \quad L = ___ \quad (\text{Recipiente Horizontal})$$

$$Q = 21\,000 F A_m^{0.82} \quad \text{De la Tabla 4.2} \quad F = ___$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \lambda = ___ \text{ Btu/lb}$$

AREA REQUERIDA

$$\text{Servicio Líquido: } A = \frac{W}{27.2 K_P K_W K_V \sqrt{\frac{G}{P - P_b}}}$$

$$\text{Servicio Gas o Vapor: } A = \frac{W \sqrt{T Z}}{G K P_1 K_b \sqrt{M}}$$

$$\text{Servicio Vapor de Agua: } A = \frac{W}{50 P_1 K_{sh}}$$

$$\text{Expansión de Gas por Fuego: } A = \frac{F' A_B}{P_1}$$

AREA SELECCIONADA

Orificio Seleccionado: _____

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves":

C A P I T U L O V

A P L I C A C I O N

A P L I C A C I O N

Habiendo cubierto lo referente a la clasificación y especificación de los dispositivos de seguridad, viene ahora la parte que involucra el cálculo de diseño de los mismos.

Para ello se ha elegido la Sección de Tratamiento con Dietanolamina de la Planta de Cracking Catalítico Fluidizado (FCC) de la Refinería de PEMEX "Antonio Dovalí Jaime" ubicada en Salina Cruz, Oax. .

El hecho de su elección radica en que la mayoría de los equipos que forman parte del proceso están sometidos a condiciones de operación, que hacen necesario el uso de dispositivos que sean capaces de aliviar una sobrepresión, que pudiese ser consecuencia de un accidente, falla inadvertida de operación o mal manejo de los equipos.

5.1 GENERALIDADES PLANTA FCC.

Las plantas de proceso del tipo FCC han tenido en los últimos años una importancia relevante, debido a la alta tecnología que involucra su diseño, así como el rendimiento y la calidad de productos que de ellas se obtiene. La capacidad de la planta que sirve de base para el presente trabajo es de 40 000 B/D de carga fresca compuesta esta principalmente por Gasóleos Pesado y Ligero de la Planta de Alto Vacío.

La Tabla 5.1 que a continuación se muestra, da una idea de los productos que son obtenidos en este tipo de plantas:

<u>BASE: 40 000 B/D ALIMENTACION</u>	
Gas Combustible	2473 m ³
Gas Acido	460 Kg/hr
Propano	3500 B
Butano	6200 B
Aceite Ligero	3800 B
Gasolina	26 000 B
Residuo	3100 B

Tabla 5.1 Producción de una Planta FCC

El potencial de producción que esto representa para la zona en la cual está ubicada la Refinería, soluciona la enorme demanda por parte de los sectores industriales y sobre todo para la exportación de productos terminados.

Para apreciar en forma general como está constituida una planta FCC la Figura 5.1., muestra el diagrama de bloques de la misma. De las secciones mostradas en el diagrama, tiene interés especial la Sección de Tratamiento con Dietanolamina (DEA), por ser este proceso el que servirá como base para la aplicación de los dispositivos de seguridad.

5.2 OBJETIVOS DEL PROCESO:

El proceso de tratamiento con DEA tiene por objeto endulzar las corrientes de gas combustible y de gas licuado de petróleo (LPG), mediante la absorción de gas ácido (H_2S y CO_2) que existen como contaminantes en las corrientes a tratar.

Para ello se hace uso de torres de absorción que operan a contracorriente, en las cuales la mayor parte del gas ácido es absorbido por la DEA, obteniéndose una corriente de gas dulce. La DEA rica en gas ácido es enviada entonces a regeneración, proceso en el cual mediante una desorción es obtenido el gas ácido, para posteriormente enviarlo a una planta de recuperación de azufre.

La importancia del endulzamiento radica en los niveles bajos de corrosión que presentan los gases tratados, lo que es ideal para su almacenamiento y envío a lugares distantes, y asimismo a los niveles bajos de contaminación producidos cuando son quemados. Por otro lado, el propano y el butano son materia prima para la industria petroquímica, y no es posible su uso cuando presentan carácter amargo.

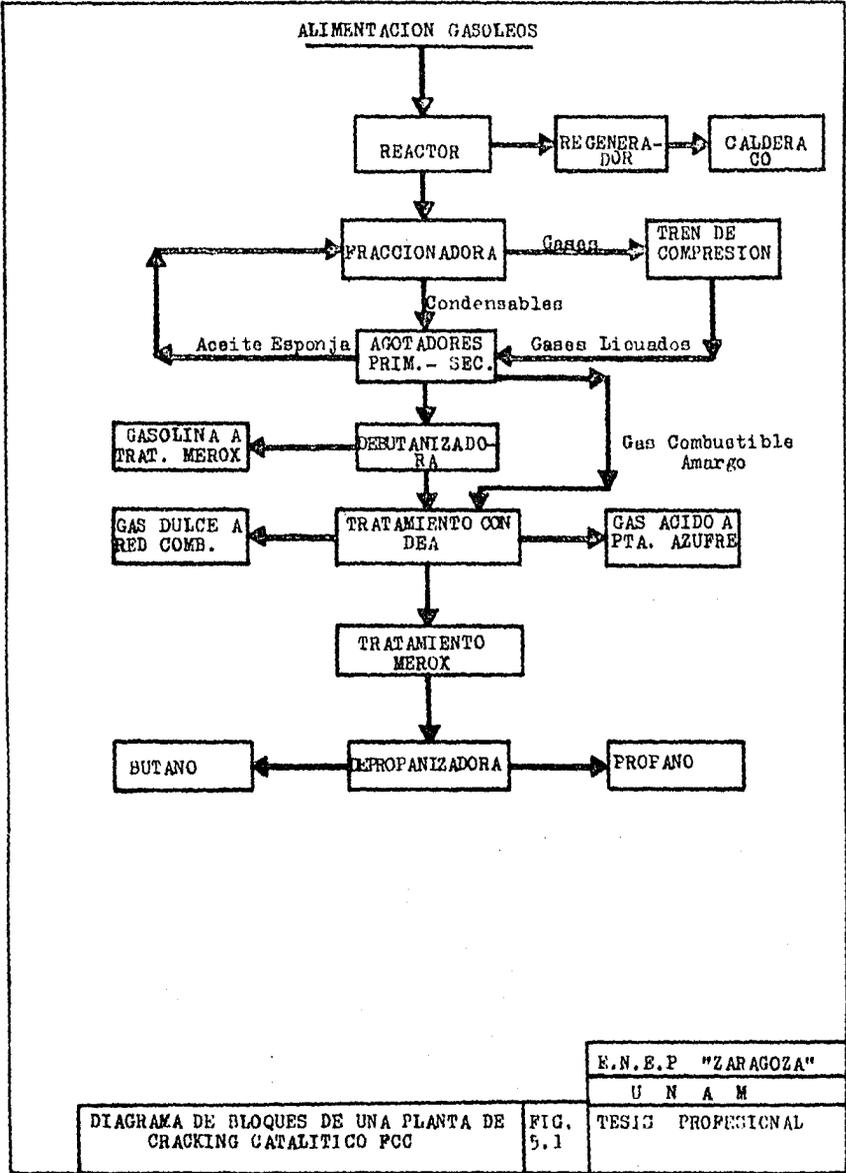


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA PLANTA DE CRACKING CATALITICO FCC

FIG. 5.1

E.N.E.P "ZARAGOZA"
U N A M
TESIS PROFESIONAL

5.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE FLUJO:

El Diagrama de Flujo de Proceso es mostrado en la Figura 5.2., siendo su descripción de flujo la siguiente:

Dos corrientes de gas amargo son recibidas en la Sección de Tratamiento con DEA. La primera corriente, compuesta por vapores que provienen de un absorbedor secundario, llega al Tanque Separador de Aceite FA-01 que opera a 150 psig y 107 °F. En este equipo se separa por el fondo una mínima cantidad de aceite (conocido como aceite esponja), el cual es recirculado para su reprocesamiento a la Torre Fraccionadora. Por el domo gas amargo es enviado a la Torre de Absorción DA-01 (146.5 psig, 123 °F), en esta torre se lleva a cabo el proceso de absorción del gas ácido mediante un contacto a contracorriente con una solución de DEA (20% en peso). Por el domo de esta torre el gas dulce producido es enviado a la red de gas combustible.

La segunda corriente, compuesta por gas LPG amargo y proveniente de una Torre Debutenizadora, es recibida directamente por la Torre de Absorción DA-02 (196 psig, 116 °F), llevándose a efecto un proceso idéntico al realizado por la torre DA-01. Por el domo gas LPG es enviado al Tanque Separador de DEA FA-02 (187 psig, 116 °F), en donde el LPG dulce es separado y enviado a la Unidad de Tratamiento MEROX, en tanto que la DEA separada en este mismo tanque es enviada al Tanque Separador de Hidrocarburos FA-03 (115 psig, 120 °F).

Los fondos de la torres de absorción DA-01 y DA-02 (compuestos por DEA rica principalmente), son enviados también al tanque FA-03, donde gas combustible es separado para su envío a la red de gas combustible. Por el fondo del FA-03 se separa una corriente de DEA rica la cual es enviada al Filtro de DEA FD-01 (115 psig, 120 °F). En este equipo las partículas contaminantes (óxidos y demás) son eliminadas para así pasar al Tren de Intercambiadores de Calor DEA rica/DEA pobre EA-02.

En el tren de intercambiadores EA-02, la DEA rica que entra por el lado de tubos, aumenta su temperatura hasta 199 °F, para así pasar a la Torre Regeneradora DA-03 (12.8 psig, 250 °F). En esta torre se lleva a cabo el proceso de desorción, con el cual la DEA es separada de los gases ácidos (H_2S y CO_2) que ha absorbido en las torres DA-01 y DA-02. Por el domo es separado el gas ácido, el cual es enviado al Condensador de la Torre Regeneradora EA-04, para después pasar al Tanque Acumulador de Reflujo FA-04 (9.9 psig, 110 °F) en donde se separa finalmente el gas ácido, siendo enviado a la Planta de Recuperación de Azufre.

Por los fondos del FA-04 se recupera DEA la cual es recirculada a la torre regeneradora por medio de las Bombas de Reflujo GA-02 A/B. Estas mismas bombas surten de DEA nueva (de reposición) a la torre regeneradora, tomándola de la Fosa de DEA FE-01, y asimismo envían la solución de DEA al Tanque de Almacenamiento FB-01.

La torre regeneradora cuenta con el Reservidor de Fondos EA-03, el cual mediante vapor de baja presión (50 psig), mantiene la temperatura a 250 °F en la misma.

Por el fondo de la torre regeneradora sale una corriente de DEA regenerada ó pobre, la cual pasa al tren de intercambiadores EA-02, para posteriormente ser enviada al Tren de Enfriadores de DEA regenerada EA-01, donde las Bombas de DEA regenerada GA-01 A/B, alimentan a las torres DA-01 y DA-02.

5.4 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.

El Diagrama de Tubería e Instrumentación es mostrado en la Figura 5.3., este diagrama es útil ya que en el se da la ubicación de los dispositivos de seguridad, así como la instrumentación de los equipos y líneas de proceso.

Debido a que las sustancias que se manejan presentan un carácter altamente inflamable y explosivo, además de tóxico, se hace necesario que los sistemas de desfogue sean del tipo cerrado, -- esto es, que se disponga de un quemador elevado para el caso de gas y vapores, y de copas cerradas de drenaje para el caso de líquidos.

La parte que nos interesa es el dimensionar los dispositivos de seguridad, que brinden un alto grado de confianza en caso de que sea necesario un relevo de sobrepresión, y con ello un desalojo de materia que la esté provocando.

Así se presenta a continuación las válvulas de relevo de presión que intervienen en el proceso, para posteriormente pasar al cálculo de las mismas.

<u>VALVULA DE RELEVO DE PRESION</u>	<u>EQUIPO PROTEGIDO</u>
PSV - 01	FA - 01
PSV - 02	DA - 01
PSV - 03	DA - 02
PSV - 04	FA - 03
PSV - 05	FD - 01
PSV - 06	EA - 01 (Coraza)
PSV - 07	EA - 02 (Tubos)
PSV - 08	EA - 02 (Coraza)
PSV - 09	DA - 03
PSV - 10	EA - 04 (Tubos)
PSV - 11	EA - 01 (Tubos)

5.5 CALCULO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

5.5.1 NOTAS GENERALES:

Antes de entrar en los porrenores de cálculo de los dispositivos de seguridad, es necesario dar a conocer una serie de notas generales, mismas que servirán de guía para un adecuado diseño.

- 1:) La presión de relevo será igual al valor que se tenga para la presión de diseño.
- 2:) La temperatura de relevo será igual al valor que se tenga para la temperatura de diseño.
- 3:) El área mojada expuesta a fuego será calculada por medio de las ecuaciones dadas por el Manual API-RP-520, ó estimada cuando sea necesario por el criterio de los 25 pies.
- 4:) Para el cálculo de altura en tanques verticales, se hará uso del nivel máximo, esto es, 60% de la altura T-T del tanque.
- 5:) Para el cálculo de altura en recipientes horizontales, se hará uso del nivel máximo del tanque, esto es, 85% del volumen del tanque.
- 6:) La selección de la válvula se hará por medio del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves", o por medio de Manual de Fabricante cuando sea necesario.
- 7:) Se toma un valor para el coeficiente de descarga $K = 0.975$

5.5.2 HOJAS DE CALCULO:

Las hojas de cálculo vienen a ser una forma rápida y sencilla por medio de las cuales se transmiten los parámetros necesarios para el dimensionamiento de los dispositivos de seguridad.

En ellas no se contempla el dimensionamiento de discos de ruptura, debido a que en el proceso no se cuenta con estos dispositivos, aunque en casos donde la corrosión representa un riesgo sí es necesario su uso, con lo cual las válvulas quedarían emplazadas y listas para entrar en servicio, guardando con ello una protección contra la corrosión y fugas, que están presentes en todo momento.

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-01

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Tanque Separador de Aceite FA-01Presión Diseño: 150 psig Presión Relevo: 150 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 15 psig Contrapresión Variable: NOTipo de Válvula: Convencional Servicio: Vapor de HidrocarburosPeso Molecular (promedio): 65.4 lb/lbmol Z: 0.76 (Fig. 4.10)Temperatura Operación: 107 °F Temperatura Relevo: 800 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExternoCAPACIDAD REQUERIDA

$$A_m = \pi D h + 1.305 D^2 \quad D = \underline{3 \text{ pies}} \quad h = 0.6(h_{\text{tanque}}) = 0.6(7.5) = \underline{4.5 \text{ pies}}$$

$$\text{Area Mojada: } A_m = 3.1416(3)(4.5) + 1.305(3)^2 = \underline{54.16 \text{ pie}^2}$$

$$Q = 21\,000 \text{ F } A_m^{0.82} \quad \text{De la Tabla 4.2} \quad F = \underline{1.0}$$

$$\text{Calor Absorbido: } Q = 21\,000(1.0)(54.16)^{0.82} = \underline{554\,416 \text{ Btu/hr}}$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \lambda = \underline{176 \text{ Btu/lb}}$$

$$\text{Capacidad Requerida: } W = 554\,416/176 = \underline{3150 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C F P_1 K_b \sqrt{M}} \quad C = \underline{328} \text{ (Fig. 4.11 con } n=1.12) \quad K = \underline{0.975}$$

$$P_1 = 150(1.2) + 14.7 = \underline{194.7 \text{ psia}}$$

$$K_b = \underline{1.0} \text{ (Fig. 4.13)} \quad T = 107^\circ\text{F} = \underline{567^\circ\text{R}}$$

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{3150 \sqrt{567(0.76)}}{328(0.975)(194.7)(1.0) \sqrt{65.4}} = \underline{0.1299 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado " E " = } \underline{0.196 \text{ pulg}^2}$$

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: 801 °F a 1 000 °FMaterial del Cuerpo: Acero Cr-1/2MoMaterial del Resorte: Acero al Carbón (alta temperatura)Tamaño Entrada/Salida: 1"/2" ó 1E2Libraje de Brides Entrada/Salida: 300#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESTIONPSV-02HOJA DE CALCULOVALVULAEquipo Protegido: Torre de Absorción DA-01Presión Diseño: 150 psig Presión Relievo: 150 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 15 psig Contrapresión Variable: NOTipo de Válvula: Convencional Servicio: Vapor de HidrocarburosPeso Molecular (promedio): 18 lb/lbmol Z: 0.85 (Fig. 4.10)Temperatura Operación: 123 °F Temperatura Relievo: 392 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExternoCAPACIDAD REQUERIDA

$$A_m = \pi D h + 1.305 D^2 \quad D=4 \text{ pies} \quad h=25 \text{ pies (por criterio 25 pies)}$$

$$\text{Area Mojada: } A_m = 3.1416(4)(25) + 1.305(4)^2 = \underline{335 \text{ pie}^2}$$

$$Q = 21\,000 F A_m^{0.82} \quad \text{De la Tabla 4.2} \quad F=1.0$$

$$\text{Calor Absorbido: } Q = 21\,000(1.0)(335)^{0.82} = \underline{2\,470\,336 \text{ Btu/hr}}$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \lambda = \underline{1625 \text{ Btu/lb}}$$

$$\text{Capacidad Requerida: } W = 2\,470\,336/1625 = \underline{1520 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C K P_1 K_b \sqrt{M}} \quad C=330 \text{ (Fig. 4.11 con } n=1.13) \quad K=0.975$$

$$P_1 = 150(1.2) + 14.7 = \underline{194.7 \text{ psia}}$$

$$K_b = 1.0 \text{ (Fig. 4.13)} \quad T=123^\circ\text{F}=583^\circ\text{R}$$

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{1520 \sqrt{583(0.85)}}{330(0.975)(194.7)(1.0) \sqrt{18}} = \underline{0.1273 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado " E " = } \underline{0.196 \text{ pulg}^2}$$

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20°F a 450°F

Material del Cuerpo: Acero al Carbón

Material del Resorte: Acero al Carbón

Tamaño Entrada/Salida: 1E2

Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-03

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Torre de Absorción DA-02Presión Diseño: 200 psig Presión Relevo: 200 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 15 psig Contrapresión Variable: NOTipo de Válvula: Convencional Servicio: Vapor de HidrocarburosPeso Molecular (promedio): 50.7 lb/lbmol Z: 0.715 (Fig. 4.10)Temperatura Operación: 116 °F Temperatura Relevo: 190 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExternoCAPACIDAD REQUERIDA $A_m = \pi D h + 1.305 D^2$ D=8 pies h=25 pies (por criterio 25 pies)Area Mojada: $A_m = 3.1416(8)(25) + 1.305(8)^2 = \underline{711.84 \text{ pie}^2}$ Q = 21 000 F $A_m^{0.82}$ De la Tabla 4.2 F=1.0Calor Absorbido: Q = 21 000(1.0)(711.84)^{0.82} = 4 583 243 Btu/hrW = Q/λ De literatura: λ = 67 Btu/lbCapacidad Requerida: W = 4 583 243/67 = 68 407 lb/hrAREA REQUERIDA $A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C K P_1 K_b \sqrt{M}}$ C=328 (Fig. 4.11 con n=1.12) K=0.975P₁ = 200(1.2) + 14.7 = 254.7 psiaK_b = 1.0 (Fig. 4.13) T = 116 °F = 576 °RArea Requerida: $A = \frac{68 407 \sqrt{567(0.715)}}{328(0.975)(254.7)(1.0) \sqrt{50.7}} = \underline{2.3936 \text{ pulg}^2}$ AREA SELECCIONADAOrificio Seleccionado " L " = 2.853 pulg²VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °FMaterial del Cuerpo: Acero al CarbónMaterial del Resorte: Acero al CarbónTamaño Entrada/Salida: 4L6Libraje de Bridas Entrada/Salida: 300#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-04

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Tanque Separador de Hidrocarburos FA-03Presión Diseño: 120 psig Presión Relevo: 120 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 15 psig Contrapresión Variable: NOTipo de Válvula: Convencional Servicio: Vapor de HidrocarburosPeso Molecular (promedio): 18 lb/lbmol Z: 0.85 (Fig. 4.10)Temperatura Operación: 120 °F Temperatura Relevo: 378 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExternoCAPACIDAD REQUERIDA $A'_m = F_{wp} (\pi D L + 2.61 D^2)$ D=6 pies L=24 pies (tanque horizontal)De la Fig. 4.1 $F_{wp} = 0.7$ Tomando un 85% del volumen del tanque (nivel máximo), lo que equivale a una altura: $h = 0.85D = 0.85(6) = 5.1$ piesArea Mojada: $A'_m = 0.7(3.1416(6)(24) + 2.61(6)^2) = 382.4$ pie²Q = 21 000 F $A'_m^{0.82}$ De la Tabla 4.2 F=1.0Calor Absorbido: Q = 21 000(1.0)(382.4)^{0.82} = 2 753 493 Btu/hrW = Q/λ De literatura: λ = 765 Btu/lbCapacidad Requerida: W = 2 753 493/765 = 3599 lb/hrAREA REQUERIDA $A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C K P_1 K_b \sqrt{M}}$ C=344 (Fig. 4.11 con n=1.25) K=0.975 $P_1 = 120(1.2) + 14.7 = 158.7$ psia $K_b = 1.0$ (Fig. 4.13) T=120 °F = 580 °RCapacidad Requerida: $A = \frac{3599 \sqrt{580(0.85)}}{344(0.975)(158.7)(1.0) \sqrt{18}} = 0.3539$ pulg²AREA SELECCIONADAOrificio Seleccionado " G " = 0.503 pulg²VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °FMaterial del Cuerpo: Acero al CarbónMaterial del Resorte: Acero al CarbónTamaño Entrada/Salida: 1 1/2 G 2 1/2Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-05

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Filtro de DEA FD-01Presión Diseño: 130 psig Presión Relevo: 130 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 0 psig Contrapresión Variable: NOTipo de Válvula: Convencional Servicio: DEA Solución LíquidaPeso Molecular (promedio): 22 lb/lbmol ρ : 64.04 lb/pie³Peso Específico: 1.0258Temperatura Operación: 120 °F Temperatura Relevo: 364 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExterroCAPACIDAD REQUERIDA

$$A_m = \pi D h + 1.305 D^2 \quad D=6 \text{ pies} \quad h=18 \text{ pies}$$

$$\text{Area Mojada: } A_m = 3.1416(6)(18) + 1.305(6)^2 = \underline{386.3 \text{ pie}^2}$$

$$Q = 21\,000 F A_m^{0.82} \quad \text{De la Tabla 4.2} \quad F=1.0$$

$$\text{Calor Absorbido: } Q = 21\,000(1.0)(386.3)^{0.82} = \underline{2\,776\,334 \text{ Btu/hr}}$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \underline{18\,509 \text{ Btu/lb} \cdot \lambda}$$

$$\text{Capacidad Requerida: } W = 2\,776\,334/18\,509 = \underline{150 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{\text{gpm}}{27.2 K_p K_w K_v \sqrt{P - P_b}} \quad \text{gpm} = W/\rho = 150/64.04 = 2.3422 \text{ pie}^3/\text{hr}$$

$$= \underline{0.292 \text{ Gal/min}}$$

$K_p = 0.92$ (Fig. 4.6)
 $K_w = 1.0$ (Fig. 4.7)
 $K_v = 1.0$ (Fig. 4.8 con R=17 500)

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{0.292}{27.2(0.92)(1.0)(1.0) \sqrt{\frac{1.0258}{150 - 0}}} = \underline{0.1411 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado "D" = } \underline{0.110 \text{ pulg}^2}$$

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °FMaterial del Cuerpo: Acero InoxidableMaterial del Resorte: Acero al CarbónTamaño Entrada/Salida: 1D2Libraje Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-06

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Enfriador de DEA Regenerada EA-01 (Coraza)Presión Diseño: 150 psig Presión Relevo: 150 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 16 psig, Contrapresión Variable: SITipo de Válvula: Balanceada Servicio: DEA solución líquidaPeso Molecular (promedio): 22 lb/lbmol ρ : 62.088 lb/pie³Peso Específico: 0.995 Viscosidad: 0.51 cpTemperatura Operación: 170 °F Temperatura Relevo: 275 °FBase de Dimensionamiento: Fuego ExternoCAPACIDAD REQUERIDA

$$A_m' = F_{wp} (7 \cdot D L + 2.61 D^2) \quad D = \underline{5 \text{ pies}} \quad L = \underline{16 \text{ pies}}$$

Se considera que el volumen del líquido en el equipo es del 100%, por lo que $F_{wp} = \underline{1.0}$

$$\text{Area Mojada: } A_m' = 1.0(3.1416(5)(16) + 2.61(5)^2) = \underline{316.6 \text{ pie}^2}$$

$$Q = 21\,000 F A_m'^{0.82} \quad \text{De la Tabla 4.2} \quad F = \underline{1.0}$$

$$\text{Calor Absorbido: } Q = 21\,000(1.0)(316.6)^{0.82} = \underline{2\,358\,513 \text{ Btu/hr}}$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \lambda = \underline{4\,000 \text{ Btu/hr}}$$

$$\text{Capacidad Requerida: } W = 2\,358\,513/4\,000 = \underline{589.6 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{\text{gpm}}{27.2 K_p K_w K_v \sqrt{\frac{G}{P - P_u}}} \quad \text{gpm} = W/\rho = 589.6/62.088 = \underline{9.4961 \text{ pie}^3/\text{hr}}$$

$$= \underline{1.184 \text{ Gal/min}}$$

$K_p = \underline{0.92}$ (Fig. 4.6)
 $K_w = \underline{1.0}$ (Fig. 4.7)
 $K_v = \underline{1.0}$ (asumido)

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{1.184}{27.2(0.92)(1.0)(1.0) \sqrt{\frac{0.995}{150 - 16}}} = \underline{0.5490 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado " G " = } \underline{0.503 \text{ pulg}^2}$$

NOTA: Los parámetros de la válvula seleccionada por medio del Código API-526, se dan en la hoja de datos de esta válvula.

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

PSV-07

HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Intercambiador DEA rica/DEA regenerada EA-02 (Tubos)
 Presión Diseño: 150 psig Presión Relevo: 150 psig Sobrepresión: 20%
 Contrapresión Constante: 16 psig Contrapresión Variable: SI
 Tipo de Válvula: Balanceda Servicio: DEA solución líquida
 Peso Molecular (promedio): 22 lb/lbmol ρ : 61.464 lb/pie³
 Peso Específico: 0.985 Viscosidad: 0.143 cp
 Temperatura Operación: 197 °F Temperatura Relevo: 225 °F
 Base de Dimensionamiento: Fuego Externo

CAPACIDAD REQUERIDA

Se tiene un equipo del mismo tamaño que el EA-01 por lo que:

$$\text{Area Mojada: } A_m = \underline{316.6 \text{ pie}^2}$$

$$\text{Calor Absorbido: } Q = \underline{2\,358\,513 \text{ Btu/hr}}$$

$$W = Q/\lambda \quad \text{De literatura: } \lambda = \underline{4\,300 \text{ Btu/lb}}$$

$$\text{Capacidad Requerida: } W = 2\,358\,513/4\,300 = \underline{548.5 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{\text{gpm}}{27.2 K_p K_w K_v \sqrt{P - P_b}} \quad \text{gpm} = W/\rho = 548.5/61.464 = \underline{8.9239 \text{ pie}^3/\text{hr}}$$

$$= \underline{1.113 \text{ Gal/min}}$$

$K_p = \underline{0.92}$ (Fig. 4.6)
 $K_w = \underline{1.0}$ (Fig. 4.7)
 $K_v = \underline{1.0}$ (Asumido)

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{1.113}{27.2(0.92)(1.0)(1.0) \sqrt{\frac{0.985}{150 - 16}}} = \underline{0.5187 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado " G " = } \underline{0.503 \text{ pulg}^2}$$

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °F

Material del Cuerpo: Acero al Carbón

Material del Resorte: Acero al Carbón

Tamaño Entrada/Salida: 1^{1/2} G 2^{1/2}

Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESIONPSV-08HOJA DE CALCULOVALVULAEquipo Protegido: Intercambiador DEA rica/DEA regenerada EA-02 (Corona)Presión Diseño: 150 psig Presión Relevo: 150 psig Sobrepresión: 20%Contrapresión Constante: 16 psig Contrapresión Variable: SITipo de Válvula: Balanceda Servicio: DEA solución líquidaPeso Molecular (promedio): 22 lb/lbmol ρ : 62.1504 lb/pie³Peso Específico: 0.996 Viscosidad: 0.34 cpTemperatura Operación: 250 °F Temperatura Relevo: 275 °FBase de Dimensionamiento: Fuero ExternoCAPACIDAD REQUERIDA

Mismo caso del EA-01 y se tiene entonces:

Área Mojada: $A'_m = \underline{316.6 \text{ pie}^2}$ Calor absorbido: $Q = \underline{2\,358\,513 \text{ Btu/hr}}$ $W = Q/\lambda$ De literatura: $\lambda = \underline{4\,100 \text{ Btu/hr}}$ Capacidad Requerida: $W = 2\,358\,513/4\,100 = \underline{575.3 \text{ lb/hr}}$ AREA REQUERIDA

$$A = \frac{\text{gpm}}{27.2 K_p K_w K_v \sqrt{\frac{G}{P - P_b}}} \quad \text{gpm} = W/P = 575.3/62.1504 = \underline{9.2566 \text{ pie}^3/\text{hr}}$$

$$= \underline{1.154 \text{ Gal/min}}$$

 $K_p = \underline{0.92}$ (Fig. 4.6) $K_w = \underline{1.0}$ (Fig. 4.7) $K_v = \underline{1.0}$ (Asumido)

$$\text{Área Requerida: } A = \frac{1.154}{27.2(0.92)(1.0)(1.0) \sqrt{\frac{0.996}{150-16}}} = \underline{0.5350 \text{ pulg.}^2}$$

AREA SELECCIONADAOrificio Seleccionado " G " = 0.503 pulg.²VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves":

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °FMaterial del Cuerpo: Acero al CarbónMaterial del Resorte: Acero al CarbónTamaño Entrada/Salida: 1 1/2" G 2 1/2"Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION
HOJA DE CALCULO

PSV-09
VALVULA

Equipo Protegido: Torre Regeneradora DA-03
 Presión Diseño: 20 psig Presión Relevo: 20 psig Sobrepresión: 10%
 Contrapresión Constante: 12 psig Contrapresión Variable: SI
 Tipo de Válvula: Balanceda Servicio: Gas Acido
 Peso Molecular (promedio): 20.7 lb/lbmol Z: 1.0 (asumido)
 Temperatura Operación: 250 °F Temperatura Relevo: 275 °F
 Base de Dimensionamiento: Descarga Bloqueada

CAPACIDAD REQUERIDA

La capacidad requerida en este caso es la cantidad máxima de líquido bombeado (Reflujo Total dado por la corriente 9 = 17 932 lb/hr) más el gas o vapor generado, dado por la corriente 10 = 7010 lb/hr. Así la capacidad requerida es:

$$W = 17\,932 + 7010 = \underline{24\,942 \text{ lb/hr}}$$

AREA REQUERIDA

$$A = \frac{W \sqrt{T Z}}{C K P_1 K_b \sqrt{M}}$$

$C = 349$ (Fig. 4.11 con $n=1.32$) $K = 0.975$
 $P_1 = 20(1.10) + 14.7 = \underline{36.7 \text{ psia}}$
 $K_b = \underline{0.86}$ (De fabricante)
 $T = 250^\circ\text{F} = \underline{710^\circ\text{R}}$

$$\text{Area Requerida: } A = \frac{24\,942 \sqrt{710(1.0)}}{349(0.975)(36.7)(0.86) \sqrt{20.7}} = \underline{13.6 \text{ pulg}^2}$$

AREA SELECCIONADA

$$\text{Orificio Seleccionado " R " } = \underline{16.00 \text{ pulg}^2}$$

VALVULA SELECCIONADA

Del Código API-526 "Flanged Steel Safety Relief Valves" :

Rango de Temperatura: -20°F a 450°F

Material del Cuerpo: Acero al Carbón

Material del Resorte: Acero al Carbón

Tamaño Entrada/Salida: 6RB

Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESIONPSV-10 , PSV-11HOJA DE CALCULO

VALVULA

Equipo Protegido: Condensador EA-04 y Enfriador EA-01 respectivamente
 Presión Diseño: 150 psig Presión Relevo: 150 psig Sobrepresión: 10%
 Contrapresión Constante: 0 psig Contrapresión Variable: NO
 Tipo de Válvula: Convencional Servicio: Líquido (agua)
 Peso Molecular: 18 lb/lbmol $\rho = 62.4 \text{ lb/pie}^3$
 Temperatura Operación: 115 °F Temperatura Relevo: 140 °F
 Base de Dimensionamiento: Expansión Térmica

VALVULA SELECCIONADA

Debido a que la capacidad requerida es usualmente muy pequeña, ya que un desahogo de presión disminuye notablemente la sobrepresión causada por expansión térmica, se recomienda el empleo de válvulas de relevo de 3/4" / 1" (Orificio " D " = 0.110 pul.²).

Rango de Temperatura: -20 °F a 450 °FMaterial del Cuerpo: Acer InoxidableMaterial del Resorte: Acero al CarbónTamaño Entrada/Salida: 3/4 D1Libraje de Bridas Entrada/Salida: 150#/150#

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

123

HOJA DE DATOSGENERALIDADES

1 Tipo de Asiento	Convencional	Convencional	Balaceada
2 Bonete	Cerrado	Cerrado	Cerrado
3 No. Identificación	PSV-04	PSV-05	PSV-06
4 No. Línea o Equipo	1 1/2" P15001P5	1"DEA15261P5	1 1/2"DEA15721P7

CUERPO

5 Material	Acero al C	Acero Inox.	Acero al C
6 Tamaño Entrada/Salida	1 1/2"/2 1/2"	1"/2"	1 1/2"/2 1/2"
7 Libraje de Erida (ASA)	150#/150#	150#/150#	300#/150#
8 Tipo de Cara	RF/RF	RF/RF	RF/RF
9 Designación Orificio	"G"	"D"	"G"

MATERIAL INTERIORES

10 Asiento y Disco	SS - 316	SS - 316	SS - 316
11 Guña y Anillo	SS - 316	SS - 316	SS - 316
12 Resorte	Acero al C	Acero al C	Acero al C

ACCESORIOS

13 Tapa Atornillada	si	si	si
14 Palanca Plana/Empacada	no/no	no/no	no/no
15 Mordaza			
16 Otro			

BASES DE SELECCION

17 Código	API/ASME	API/ASME	API/ASME
18 Fuego	si	si	si
19 Otro			

CONDICIONES DE SERVICIO

20 Fluido	Vapor KC	DEA Soln.	DEA Soln.
21 Cap. Requerida (#/hr)	3599	150	589.6
22 Peso Molecular (lb/lbmol)	18.0	22.0	22.0
23 Viscosidad (cp)	-	0.80	0.51
24 P Normal/Relevo (psig)	120/144	130/156	150/180
25 T Normal/Relevo (psig)	120/378	120/364	170/275
26 Contrapresión Cte. (psig)	15	0	16
27 Contrapresión Desarrollada.			
28 P ajuste resorte (psig)	144	156	180
29 Sobrepresión (%)	20	20	20

AREA DE ORIFICIO

30 Calculada (pulg ²)	0.3539	0.1411	0.5490
31 Seleccionada (pulg ²)	0.503	0.110	0.503
32 No. Modelo Fabricante			

HOJA DE DATOSGENERALIDADES

1 Tipo de Asiento	Convencional	Convencional	Convencional
2 Bonete	Cerrado	Cerrado	Cerrado
3 No. Identificación	PSV-01	PSV-02	PSV-03
4 No. Línea o Equipo	1 1/2" P12811P3	1" P12841P3	4" P13343P3

CUERPO

5 Material	Acero Cr-1/2Mo	Acero al Carbón	Acero al Carbón
6 Tamaño Entrada/Salida	1" / 2"	1" / 2"	4" / 6"
7 Libraje de Brida (ASA)	300#/150#	150#/150#	300#/150#
9 Tipo de Gara	RF/RF	RF/RF	RF/RF
10 Designación Orificio	"E"	"E"	"L"

MATERIALES INTERIORES

11 Asiento y Disco	SS - 316	SS - 316	SS - 316
12 Guía y Anillo	SS - 316	SS - 316	SS - 316
13 Resorte	Acero al Carbón	Acero al Carbón	Acero al Carbón

ACCESORIOS

14 Tapa Atornillada	si	si	si
15 Palanca Plana/Empacada	no/no	no/no	no/no
16 Mordaza			
17 Otro			

BASES DE SELECCION

18 Código	API/ASME	API/ASME	API/ASME
19 Fuego	si	si	si
20 Otro			

CONDICIONES DE SERVICIO

21 Fluido	Vapor HC	Vapor HC	Vapor HC
22 Capacidad Requerida (#/hr)	3150	1520	68 407
23 Peso Molecular (lb/lbmol)	65.4	18.0	50.7
24 Viscosidad (cp)			
25 Presión Normal/Relevo (psig)	150/180	150/180	200/240
26 Temp. Normal/Relevo (°F)	107/800	123/392	116/190
27 Contrapresión Constante (psig)	15	15	15
28 Contrapresión Desarrollada			
29 Presión Ajuste Resorte (psig)	180	180	240
30 Sobrepresión (%)	20	20	20

AREA DE ORIFICIO

31 Calculada (pulg ²)	0.1299	0.1273	2.3936
32 Seleccionada (pulg ²)	0.196	0.196	2.853
33 No. Modelo Fabricante			

VALVULA DE RELEVO DE PRESION

125

HOJA DE DATOSGENERALIDADES

1 Tipo de Asiento	Balanceado	Balanceado	Balanceado
2 Bonete	Cerrado	Cerrado	Cerrado
3 No. Identificación	PSV-07	PSV-08	PSV-09
4 No. Línea o Equipo	1"DEA15701P5	1 1/2"DEA15701P7	6"GA15021P3

CUERPO

5 Material	Acero al C	Acero al C	Acero al C
6 Tamaño Entrada/Salida	1 1/2"/2 1/2"	1 1/2"/2 1/2"	6"/8"
7 Libraje Brida (ASA)	150#/150#	150#/150#	150#/150#
8 Tipo de Cara	RF/RF	RF/RF	RF/RF
9 Designación Orificio	"G"	"G"	"R"

MATERIAL INTERIORES

10 Asiento y Disco	SS - 316	SS - 316	SS - 316
11 Guía y Anillo	SS - 316	SS - 316	SS - 316
12 Resorte	Acero al C	Acero al C	Acero al C

ACCESORIOS

13 Tapa Atornillada	si	si	si
14 Palanca Plana/Empacada	no/no	no/no	no/no
15 Mordaza			
16 Otro			

BASES DE SELECCION

17 Código	API/ASME	API/ASME	API/ASME
18 Fuego	si	si	-
19 Otro			Bloqueo

CONDICIONES DE SERVICIO

20 Fluido	DEA Soln.	DEA Soln.	Gas Acido
21 Cap. Requerida (#/hr)	548.5	575.3	24 942
22 Peso Molecular (lb/lbmol)	22.0	22.0	20.7
23 Viscosidad (cp)	0.143	0.34	-
24 P Normal/Relevo (psig)	150/180	150/180	20/22
25 T Normal/Relevo (oF)	197/225	250/275	250/275
26 Contrapresión Cte (psig)	16	16	12
27 Contrapresión Desarrollada			
28 P ajuste resorte (psig)	180	180	22
29 Sobrepresión (%)	20	20	10

AREA DE ORIFICIO

30 Calculada (pulg ²)	0.5187	0.5350	13.60
31 Seleccionada (pulg ²)	0.503	0.503	16.00
32 No. Modelo Fabricante			

HOJA DE DATOSGENERALIDADES

1 Tipo de Asiento	Convencional	Convencional
2 Bonete	Cerrado	Cerrado
3 No. Identificación	PSV-10	PSV-11
4 No. Línea o Equipo	EA-04	EA-01

CUERPO

5 Material	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
6 Tamaño Entrada/Salida	3/4"/1"	3/4"/1"
7 Libraje de Brida (ASA)	150#/150#	150#/150#
8 Tipo de Cara	RF/RF	RF/RF
9 Designación Orificio	"D"	"D"

MATERIAL INTERIORES

10 Asiento y Disco	SS - 304	SS - 304
11 Guía y Anillo	SS - 304	SS - 304
12 Resorte	Acero al C	Acero al C

ACCESORIOS

13 Tapa Atornillada	si	si
14 Palanca Plana/Empacada	no/no	no/no
15 Mordaza		
16 Otro		

BASES DE SELECCION

17 Código	API/ASME	API/ASME
18 Fuego	-	-
19 Otro	Exp. Térmica	Exp. Térmica

CONDICIONES DE SERVICIO

20 Fluido	Agua	Agua
21 Cap. Requerida (#/hr)	-	-
22 Peso Molecular (lb/lbmol)	18.0	18.0
23 Viscosidad (cp)	0.5	0.5
24 P Normal/Relevo (psig)	150/180	150/180
25 T Normal/Relevo (°F)	115/140	115/140
26 Contrapresión Cte. (psig)	0	0
27 Contrapresión Desarrollada		
28 Presión ajuste resorte (psig)	180	180
29 Sobrepresión (%)	10	10

AREA DE ORIFICIO

30 Calculada (pulg. ²)	0.110	0.110
31 Seleccionada (pulg. ²)	0.110	0.110
32 No. Modelo Fabricante		

5.6 ANALISIS DE RESULTADOS.

La Tabla 5.2., muestra un esquema comparativo de los resultados obtenidos. En ella se puede observar que los valores arrojados por el cálculo de dimensionamiento, están próximos a los valores encontrados en el Manual de Proceso de la Planta Catalítica FGC de la Refinería de Salina Cruz, Oax.

<u>VALVULA</u> <u>CLAVE</u>	<u>CAP. REQUERIDA</u> <u>(lb/hr)</u>	<u>AREA CALCULADA</u> <u>(pulg²)</u>	<u>AREA SELECCIONADA</u> <u>(pulg²)</u>	<u>ORIFICIO</u> <u>DESTINADO</u>
PSV-01	3150 (3150)	0.1299 (0.123)	0.196 (0.196)	E (E)
PSV-02	1520 (1520)	0.1273 (0.136)	0.196 (0.196)	E (E)
PSV-03	68 407 (68 600)	2.3936 (1.860)	2.853 (2.853)	L (L)
PSV-04	3599 (3600)	0.3539 (0.377)	0.503 (0.503)	G (G)
PSV-05	150 (200)	0.1411 (0.020)	0.110 (0.110)	D (D)
PSV-06	589.6 (505.3)	0.5490 (0.535)	0.503 (0.503)	G (G)
PSV-07	548.5 (525.6)	0.5187 (0.524)	0.503 (0.503)	G (G)
PSV-08	575.3 (598.5)	0.5350 (0.525)	0.503 (0.503)	G (G)
PSV-09	24 942 (24 942)	13.600 (11.72)	16.00 (16.00)	R (R)
PSV-10	---	---	0.110 (0.110)	D (D)
PSV-11	---	---	0.110 (0.110)	D (D)

NOTA: Los valores encerrados entre paréntesis corresponden a los del Manual de Proceso.

Tabla 5.2 Esquema Comparativo de Resultados Obtenidos.

C A P I T U L O VI

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se ha dado la herramienta necesaria para enfrentar la selección, manejo y especificación de los dispositivos de seguridad. Se trató de buscar la bibliografía adecuada para este fin, para que todo lo realizado estuviera de acuerdo al proceso que se seleccionó para su aplicación, y los resultados obtenidos reflejan en sí que el objetivo principal ha sido cubierto.

Es necesario entonces establecer que todo cálculo que ha de realizarse para el diseño de dispositivos de seguridad, tan importantes que de ellos puede depender la vida de los operarios de las plantas de proceso en cualquier momento, trate de apegarse lo más que sea posible a los manuales y códigos que existen, y no solamente a los manuales de fabricante, que en su mayoría hacen que se pierda de vista la relevancia de estos dispositivos. Claro está que hacen que el cálculo se limite a seleccionar de entre una gama de productos, el que ellos consideran adecuado, dándose el caso frecuente de que los dispositivos estén sobrediseñados, lo que repercute en el precio de los mismos.

Así una vez más se remarca la necesidad de apegarse a lo ya establecido, a la experiencia de muchos años de trabajo, que respaldarán en cualquier momento el diseño, ya sea de una válvula de relevo de presión o de un disco de ruptura.

Las conclusiones a las cuales se llega caen dentro del campo de la seguridad industrial, siendo esta una rama que se relaciona con cualquier sistema de proceso. Podemos entonces enumerar que las conclusiones que arroja el presente trabajo son las siguientes:

- 1.-) Todos los sistemas de proceso que manejen o nó materiales inflamables, explosivos y/o tóxicos, deberán contar con dispositivos de seguridad que tiendan a proteger en primera instancia al personal humano, y con ello a las instalaciones con que se cuentan.

- 2.-) El diseño de cualquier dispositivo de seguridad debe apearse estrictamente a manuales y códigos que garanticen su empleo bajo condiciones de proceso de riesgo, que se esperen en un momento de emergencia, sea esto debido a un accidente, falla inadvertida de operación o mal manejo de equipos.
- 3.-) Conocer la naturaleza de los fluidos con los que se trabaje, pues en base a ello se tendrá una panorámica más específica de los riesgos con los que se podrían topar, ganando así un grado más de seguridad, que repercutirá en un ambiente de trabajo más confortable.

C A P I T U L O VII

B I B L I O C R A F I A

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

1. " Recommended Practice for the Design and Installation of Pressure Relieving Systems in Refineries "
Part I - Design
API RP 520, 3rd ed., American Petroleum Institute, 1969
2. " Guide for Pressure Relief and Depressuring Systems "
API RP 521, 1st ed., American Petroleum Institute, 1969
3. " Flanged Steel Safety Relief Valves "
API Standard 526, American Petroleum Institute, 1963
4. " ASME Boiler and Pressure Vessel Code "
Unfired Pressure Vessels, Section VIII, Division 1 & 2
American Soc. of Mechanical Engineers, 1965
5. " Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso "
H. F. Rose y M. H. Barrow
Ed. C.E.C.S.A. 1981
6. " Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants "
Ludwig
Gulf Publishing Company Vol. 2
7. " Applied Instrumentation in the Process Industries "
W. G. Andrew & H. B. Williams
Gulf Publishing Company 2nd. ed., Vol. 1
8. " Chemical Engineers' Handbook "
R. H. Perry & C. H. Chilton
Ed. McGraw-Hill, 5th ed., 1973
9. " The Properties of Gases and Liquids "
R. C. Reid & T. K. Sherwood
Ed. McGraw-Hill, 2nd ed., 1966
10. " Safety Relief Valves "
Birkett Valves WB & B Series
Bulletin 5-82

11. " Safety Relief Valves "
Anderson, Greenwood & Co.
AGCO Series 80, Catalog 1800, 1981
12. " Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe "
Crane Technical Paper No. 410, 1980
13. " ES & B Safety Systems "
Tulsa, Oklahoma., 1982
14. " Pressure-Relief Valves for Process Plants "
R. Kern
Chemical Engineering, Feb. 28, 1977
15. " Design Considerations for Pressure-Relieving Systems "
E. Jennet
Chemical Engineering, Jul. 8, 1963
16. " Pressure- Relief Systems "
M. Isaacs
Chemical Engineering, Feb. 22, 1971
17. " Components of Pressure-Relieving Systems "
E. Jennet
Chemical Engineering, Aug. 19, 1963
18. " How to Size Relief Valves "
A. Mukerji
Chemical Engineering, Jun. 2, 1980
19. " Compare Codes for Relief Valves Calculations "
P. Copigneaux
Hydrocarbon Processing, Aug. 1980
20. " Design for better Safety Relief "
J. H. Jenkins, P. E. Kelly & C. B. Cobb
Hydrocarbon Processing, Aug. 1977
21. " How to Design Pressure Relief Systems "
J. S. Rearick Part 1 & 2
Hydrocarbon Processing, Sep. 1969

22. " Equipments Design and Pressure Relief Protection "
P. G. Kauders
The Chemical Engineer, April 1981.
23. " The Design and Maintenance of Valves for Process Plants "
G. Thompson
Terotechnology 2(1981)
24. " Diseño de Sistemas de Relieve de Presión "
Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Ingeniería de Proyecto
Depto. de Ingeniería de Sistemas. División Proceso
Octubre 1979
25. " Manual de Proceso Planta FCC Refinería Salina Cruz PEMEX "
The M. W. Kellogg Company

RANCHO EL MILAGRO, S. A.
BALANZA DE COMPROBACION DEL EJERCICIO 1985 / 86.

CUENTA	SALDO D	INICIAL A	MOVIMIENTO POR EL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
			D	H	D	A
Bancos	\$ 6,000,000.00		282,180,000.00	163,315,550.00	124,864,450.00	
Caja	500,000.00				500,000.00	
Inventarios Productos Agrícolas	407,500.00			407,500.00		
Inventario Productos Ganaderos	10,950,000.00		19,950,000.00	10,950,000.00	19,950,000.00	
Inversiones en valores	3,000,000.00				3,000,000.00	
Ganado Productor de Leche	156,750,000.00			855,000.00	155,895,000.00	
Sementales	1,000,000.00				1,000,000.00	
Terrenos Agrícolas	150,000,000.00				150,000,000.00	
Terrenos Ganaderos	30,000,000.00				30,000,000.00	
Edificio	5,000,000.00				5,000,000.00	
Instalaciones Pecuarias	15,000,000.00				15,000,000.00	
Instalaciones Sala de Ordena Mecanizada	16,000,000.00				16,000,000.00	
Herramienta y Equipo Rodante Ganadero	300,000.00				300,000.00	
Maquinaria y Equipo Agrícola	14,500,000.00				14,500,000.00	
Maquinaria y Equipo Ganadero	3,000,000.00				3,000,000.00	
E_QUIPO de Transporte	4,000,000.00				4,000,000.00	
Mobiliario y Equipo de Oficinas	400,000.00				400,000.00	
Seguros pagados por adelantado Agrícola	308,000.00			308,000.00		
Seguros pagados por adelantado Ganaderos	4,000,000.00			2,899,875.00	1,100,125.00	
Gastos de Instalación	2,000,000.00				2,000,000.00	
Equipo de Bombeo	7,000,000.00				7,000,000.00	

	SALDO		MOVIMIENTO POR EL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
	D	A	D	H	D	A
Gastos de Organización	1,000,000.00				1,000,000.00	
Proveedores		3,285,000.00	3,285,000.00			
Creditos de Habilitación o Avlo		5,000,000.00	1,250,001.00			3,749,999.00
Documentos por pagar a corto plazo		1,025,000.00	1,025,000.00			
Documentos por pagar a largo plazo		12,600,000.00	3,150,000.00			9,450,000.00
Creditos Refaccionarios		85,500,000.00				85,500,000.00
Credito Hipotecario		15,000,000.00	1,500,000.00			13,500,000.00
Capital		258,705,500.00				258,705,500.00
Compras Agrícolas			11,279,250.00		11,279,250.00	
Compras Ganaderas			109,632,635.00		109,632,635.00	
Ventas Agrícolas				53,500,000.00		53,500,000.00
Otros Productos				2,555,000.00		2,555,000.00
Mortandad			1,200,000.00		1,200,000.00	
Ganado en proceso			2,574,000.00	345,000.00	2,229,000.00	
Gastos de Administración			5,220,000.00		5,220,000.00	
Depreciación Acumulada de Edificio				125,000.00		125,000.00
Depreciación Acumulada de Equipo de Transporte				400,000.00		400,000.00
Depreciación Acumulada de Mobiliario y Equipo de Oficina				20,000.00		20,000.00
Amortización Acumulada de Gastos de Instalación				50,000.00		50,000.00
Acreedores Diversos		50,000,000.00				50,000,000.00
Amortización Acumulada de Gastos de Organización				25,000.00		25,000.00
Gastos Financieros			31,743,539.00		31,743,539.00	

	SALDO		MOVIMIENTO DEL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
	D	A	D	H	D	A
Gastos Ganaderos			30,260,675.00	30,260,675.00		
Depreciación Ganado Productor de Leche				7,837,500.00		7,837,500.00
Depreciación de Sementales				50,000.00		50,000.00
Depreciación Acumulada de Instalaciones Pecuarias				1,875,000.00		1,875,000.00
Depreciación Acumulada de Equipo de Bombeo				875,000.00		875,000.00
Depreciación Acumulada de Instalación de Sala de Ordeña Mecanizada				2,000,000.00		2,000,000.00
Depreciación Acumulada de Herramienta y Equipo Rodante Ganadero				37,500.00		37,500.00
Depreciación Acumulada de Maquinaria y Equipo Ganadero				375,000.00		375,000.00
Ventas de Productos Ganaderos				225,000,000.00		225,000,000.00
Gastos Agrícolas			10,093,250.00	10,093,250.00		
Depreciación Acumulada de Maquinaria y Equipo Agrícola				1,812,500.00		1,812,500.00
Productos Financieros				1,125,000.00		1,125,000.00
Cultivos de Alfalfa			2,794,000.00		2,794,000.00	
SUMAS	\$ 431,115,500.00	431,115,500.00	517,097,350.00	517,097,350.00	718,567,999.00	718,567,999.00

TESIS CON FALLAS DE ORIGEN

RANCHO EL HELADO, S.A.

121

ESTADO DE SITUACION FINANCIERA AL 31 DE MAYO DE 1986

<u>ACTIVO</u>			<u>PASIVO</u>		
<u>CIRCULANTE</u>			<u>CIRCULANTE</u>		
CAJA	\$	500,000.00	ACREEDORES DIVERSOS	\$	50,000,000.00
BANCOS		124,864,450.00	CREDITO DE HABILITACION		3,749,999.00 \$ 53,749,999.00
INVENTARIOS		19,950,000.00			
PRODUCTOS AGRICOLAS	- 0 -				
PRODUCTOS GANADEROS	\$	19,950,000.00			
INVERSIONES EN VALORES		3,000,000.00			
		\$ 148,314,450.00			
<u>FIJO</u>			<u>FIJO</u>		
GANADO PRODUCTOR DE LECHE	155,895,000.00		DOCUMENTOS POR PAGAR		9,450,000.00
DEPRECIACION	<u>7,837,500.00</u>	148,057,500.00	CREDITO REFINANCIAMIENTO		85,500,000.00
SUENTALES	1,000,000.00		CREDITO HIPOTECARIO	<u>15,500,000.00</u>	104,450,000.00
DEPRECIACION	<u>50,000.00</u>	950,000.00			
TERRENOS		180,000,000.00			
AGRICOLAS	150,000,000.00				
GANADEROS	<u>30,000,000.00</u>		<u>CAPITAL CONTABLE</u>		
EDIFICIO	5,000,000.00		CAPITAL SOCIAL		258,705,500.00
DEPRECIACION	<u>195,000.00</u>	4,875,000.00	RESULTADO DEL EJERCICIO		32,629,605.00
INSTALACIONES PECUARIAS	15,000,000.00		RESULTADO DEL EJERCICIO	30,474,971.00	<u>321,810,075.00</u>
DEPRECIACION	<u>1,175,000.00</u>	13,125,000.00			
EQUIPO DE BOMBEO	7,000,000.00				
DEPRECIACION	<u>875,000.00</u>	6,125,000.00			
INSTALACIONES SALA DE					
ORQUERA MECANIZADA	16,000,000.00				
DEPRECIACION	<u>2,000,000.00</u>	14,000,000.00			
MERAMIENTAS Y EQUIPO					
RUPANTE GANADERO	300,000.00				
DEPRECIACION	<u>37,500.00</u>	262,500.00			
MAQUINARIA Y EQ. AGRICOLA	14,500,000.00				
DEPRECIACION	<u>1,812,500.00</u>	12,687,500.00			
MAQUINARIA Y EQ. GANADERO	3,000,000.00				
DEPRECIACION	<u>375,000.00</u>	2,625,000.00			
EQUIPO DE TRANSPORTE	4,000,000.00				
DEPRECIACION	<u>400,000.00</u>	3,600,000.00			
MOBILIARIO Y EQ. DE OFNA.	400,000.00				
DEPRECIACION	<u>20,000.00</u>	380,000.00			
		386,827,500.00			
<u>DIFERIDO</u>					
GANADO EN PROCESO		2,224,000.00			
CULTIVOS DE ALFALFA		2,754,000.00			
SEGURES PAGADOS POR ADELANTADO		1,100,125.00			
GASTOS DE INSTALACION	2,000,000.00				
AMORTIZACION	<u>50,000.00</u>	1,950,000.00			
GASTOS DE ORGANIZACION	1,000,000.00				
AMORTIZACION	<u>25,000.00</u>	975,000.00			
		9,008,125.00			
SUMA DEL ACTIVO		\$ 344,010,025.00	SUMA PASIVO CAPITAL		\$ 344,010,025.00

RANCHO EL MILAGRO, S. A.
BALANZA DE COMPROBACION DEL EJERCICIO 1985 / 86.

CUENTA	SALDO INICIAL		MOVIMIENTO POR EL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
	D	A	D	H	D	A
Bancos	6,000,000.00		282,180,000.00	163,315,550.00	124,864,450.00	
Caja	500,000.00				500,000.00	
Inventarios Productos Agrícolas	407,500.00			407,500.00		
Inventario Productos Ganaderos	10,950,000.00		19,950,000.00	10,950,000.00	19,950,000.00	
Inversiones en valores	3,000,000.00				3,000,000.00	
Ganado Productor de Leche	156,750,000.00			855,000.00	155,895,000.00	
Sementales	1,000,000.00				1,000,000.00	
Terrenos Agrícolas	150,000,000.00				150,000,000.00	
Terrenos Ganaderos	30,000,000.00				30,000,000.00	
Edificio	5,000,000.00				5,000,000.00	
Instalaciones Pecuarias	15,000,000.00				15,000,000.00	
Instalaciones Sala de Ordena Mecanizada	16,000,000.00				16,000,000.00	
Herramienta y Equipo Rodante Ganadero	300,000.00				300,000.00	
Maquinaria y Equipo Agrícola	14,500,000.00				14,500,000.00	
Maquinaria y Equipo Ganadero	3,000,000.00				3,000,000.00	
Equipo de Transporte	4,000,000.00				4,000,000.00	
Mobiliario y Equipo de Oficinas	400,000.00				400,000.00	
Seguros pagados por adelantado Agrícola	308,000.00			308,000.00		
Seguros pagados por adelantado Ganaderos	4,000,000.00			2,899,875.00	1,100,125.00	
Gastos de Instalación	2,000,000.00				2,000,000.00	
Equipo de Bombeo	7,000,000.00				7,000,000.00	

	SALDO		MOVIMIENTO POR EL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
	D	A	D	H	D	A
Gastos de Organización	1,000,000.00				1,000,000.00	
Proveedores		3,285,000.00	3,285,000.00			
Creditos de Habilitación o Avío		5,000,000.00	1,250,001.00			3,749,999.00
Documentos por pagar a corto plazo		1,025,000.00	1,025,000.00			
Documentos por pagar a largo plazo		12,600,000.00	3,150,000.00			9,450,000.00
Créditos Refaccionarios		85,500,000.00				85,500,000.00
Crédito Hipotecario		15,000,000.00	1,500,000.00			13,500,000.00
Capital		258,705,500.00				258,705,500.00
Compras Agrícolas			11,279,250.00		11,279,250.00	
Compras Ganaderas			109,632,635.00		109,632,635.00	
Ventas Agrícolas				53,500,000.00		53,500,000.00
Otros Productos				2,555,000.00		2,555,000.00
Mortandad			1,200,000.00		1,200,000.00	
Ganado en proceso			2,574,000.00	345,000.00	2,229,000.00	
Gastos de Administración			5,220,000.00		5,220,000.00	
Depreciación Acumulada de Edificio				125,000.00		125,000.00
Depreciación Acumulada de Equipo de Transporte				400,000.00		400,000.00
Depreciación Acumulada de Mobiliario y Equipo de Oficina				20,000.00		20,000.00
Amortización Acumulada de Gastos de Instalación				50,000.00		50,000.00
Acreedores Diversos	50,000,000.00					50,000,000.00
Amortización Acumulada de Gastos de Organización				25,000.00		25,000.00
Gastos Financieros			31,743,539.00		31,743,539.00	

	SALDO D	INICIAL A	MOVIMIENTO DEL EJERCICIO		SALDOS AL 31 DE MAYO 1986	
			D	H	D	A
Gastos Ganaderos			30,260,675.00	30,260,675.00		
Depreciación Ganado Productor de Leche				7,837,500.00		7,837,500.00
Depreciación de Sementales				50,000.00		50,000.00
Depreciación Acumulada de Instalaciones Pecuarías				1,875,000.00		1,875,000.00
Depreciación Acumulada de Equipo de Bombeo				875,000.00		875,000.00
Depreciación Acumulada de Instalación de Sala de Ordena Mecanizada				2,000,000.00		2,000,000.00
Depreciación Acumulada de Herramienta y Equipo Rodante Ganadero				37,500.00		37,500.00
Depreciación Acumulada de Maquinaria y Equipo Ganadero				375,000.00		375,000.00
Ventas de Productos Ganaderos				225,000,000.00		225,000,000.00
Gastos Agrícolas			10,093,250.00	10,093,250.00		
Depreciación Acumulada de Maquinaria y Equipo Agrícola				1,812,500.00		1,812,500.00
Productos Financieros				1,125,000.00		1,125,000.00
Cultivos de Alfalfa			2,794,000.00		2,794,000.00	
SUMAS	\$ 431,115,500.00	431,115,500.00	517,097,350.00	517,097,350.00	718,567,999.00	718,567,999.00