



201
15
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"**

**SEGURIDAD DE PROCESOS PARA UNA PLANTA
DE FORMALDEHIDO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

LUIS DEMETRIO HURTADO ESPINOSA

DIRECTOR DE TESIS: I.Q.M. RAFAEL SAMPERE



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

	<u>Pag.</u>
Introducción	1
I. Dispositivos de Seguridad	4
I.1. Generalidades	4
I.1.1. Recipientes a presión	6
I.1.2. Cálculo de la Máxima Presión Permisible ..	8
I.2. Sobrepresión	12
I.2.1. Válvulas de Alivio	12
I.2.2. Válvulas de Presión Vacío	22
I.2.3. Discos de Ruptura	23
I.2.4. Alivios Naturales	30
I.3. Fuego	35
I.3.1. Ecuaciones para el Cálculo del Calor Absorbido	38
I.3.2. Area Expuesta al Fuego	39
I.3.3. Métodos para Eliminar Entrada de Calor por Fuego	41
I.3.4. Arrestaflamas	44
II. Características del Proceso del Formaldehído	47
II.1. Generalidades	47
II.2. Materias Primas, Productos y Subproductos	47
II.2.1. Propiedades Físicas	48
II.2.2. Propiedades Químicas	51
II.3. Diagramas de Flujo	59
II.3.1. Diagrama de Flujo de Proceso	59
II.3.2. Balance de Materia	63
II.3.3. Balance de Energía	65
III. Análisis y Evaluación de Riesgos para el Proceso de Formaldehído	71
III.1. Generalidades	71
III.2. Hoja de Datos Químicos para el Proceso de Formaldehído	75

III.3. Análisis de Peligros para cada uno de los Equipos de Proceso de Formal- dehído	77
III.3.1. Discusión y Análisis de Riegos .	80
III.4 Diagramas de Tuberías e Instrumentos	96
Bibliografía	97

Introducción.

En el diseño de toda planta industrial es de vital importancia considerar y minimizar todos los riesgos a los que pueden estar expuestos el personal, la producción, la inversión y la propiedad misma; para lo cual es necesario estudiar a fondo el proceso, sus condiciones, los productos y materias primas involucradas y todo aquello que pudiera ser peligroso a fin de desarrollar los métodos de protección y seguridad adecuados.

Los objetivos fundamentales que debe cubrir un programa de seguridad son:

- a) Minimizar los riesgos de sobrepresión, fuego y explosión que puedan presentarse en el proceso.
- b) Establecer las bases para el diseño de equipos seguros.
- c) Identificar los equipos y dispositivos de seguridad necesarios para proteger instalaciones, equipo y personal.
- d) Crear conciencia de seguridad en el personal.

Estos objetivos se fijan de acuerdo a las necesidades particulares de cada proceso y de cada organización.

El estudio de seguridad de procesos está enfocado a la protección de equipos e instalaciones mediante el análisis de los posibles riesgos y la instalación de los dispositivos necesarios para protegerlos. El estudio deberá incluir:

- 1) Análisis de las fuentes de peligro como sobrepresión, fuego, explosión; estudiando a fondo las causas que las originan y las posibles consecuencias.

- 2) Análisis de las características tóxicas y/o peligrosas de cada una de las sustancias y materiales involucrados.
- 3) Diagramas de ubicación de equipos, estructuras, plataformas, escaleras y espacios libres para operación, manejo de materiales y mantenimiento.

Para ello deberá contarse con:

- 1) Diagramas de flujo de proceso así como de tuberías e instrumentos.
- 2) Características y propiedades de las materias primas, productos y subproductos involucrados.
- 3) Temperaturas y presiones de operación de cada uno de los equipos.
- 4) Reacciones involucradas.

Con toda esta información será posible la evaluación de los riesgos que se presentan en cada uno de los equipos y en el proceso en general. La selección y dimensionamiento de los dispositivos de seguridad adecuados que protegen a los equipos será posible cuando se hayan analizado todas las posibles fuentes de riesgo así como las causas que las originan y las consecuencias que podrían tener.

Es importante considerar que el costo de un sistema de seguridad para una planta fluctúa entre el 3 y el 5% del costo de las instalaciones y equipos, con lo cual se protege la inversión realizada.

Esta tesis pretende realizar un estudio de seguridad para una planta de formaldehído, considerando la sobrepresión como el riesgo principal al que se encuentran expuestos los equipos y el proceso.

Primeramente se describirán los dispositivos de seguridad comunmente usados para proteger contra la sobrepresión así como sus principales ventajas y desventajas.

Para hacer la evaluación de las posibles fuentes de sobrepresión se estudiará el proceso de formaldehído a partir del metanol, incluyendo las características y propiedades de las materias primas productos y subproductos, así como los balances de materia y energía y un diagrama de flujo.

Finalmente el estudio de seguridad se hará evaluando las principales fuentes de peligro por sobrepresión en cada equipo e indicando el dispositivo adecuado para su protección.

CAPITULO I. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

I.1 Generalidades.

En este capítulo se hará una descripción de los llamados dispositivos de seguridad para un proceso, así como una guía para su uso y selección contra riesgos como:

- sobrepresión
- fuego
- explosión

Para ello debemos definir, primero, algunos conceptos importantes en el cálculo y selección de cualquiera de estos dispositivos:

Presión de Ajuste.-

Es la presión de entrada a la cual una válvula de seguridad o alivio deberá abrir. Esta presión se fija sin importar la contrapresión en la descarga de la válvula. En válvulas de alivio o de seguridad -alivio para servicio líquido la presión de ajuste es la presión de entrada a la cual la válvula comienza a descargar bajo las condiciones de servicio. Para servicio de vapor o gases la presión de ajuste es la presión de entrada a la cual la válvula abre bajo condiciones de servicio.

Sobrepresión.-

Es el incremento de presión sobre la presión de ajuste del dispositivo de seguridad. La presión es igual a la acumulación cuando el dispositivo de alivio se ajusta a la máxima presión permisible del recipiente.

Acumulación.-

Se concee como acumulación al incremento de la presión sobre la máxima presión permisible durante la descarga a través del dispositivo de alivio.

Se expresa en % de dicha presión o en lb/in².

Contrapresión.-

Es la presión que existe en el lado de la descarga.

Máxima Presión Permisible (MPP).-

Es la máxima presión a la cual un equipo puede operar de acuerdo a códigos y dependiendo de los materiales de construcción y temperaturas de operación. Para un material y temperatura dados es la máxima presión a la cual el dispositivo de seguridad deberá actuar.

Esto es aplicable tanto para presión interna o positiva como para presión externa, o negativa, en cuyo caso estaremos hablando de máximo vacío permisible.

La máxima presión permisible es la presión de diseño de un equipo, y se define en la gráfica de tensión vs. deformación (Ley de Hooke) como se muestra en la gráfica No. 1.

La máxima presión permisible (MPP) y el máximo vacío permisible (MVP), deberán ser calculados para todos los equipos de tal forma que sirvan de base para el cálculo de las presiones de ajuste de los dispositivos de seguridad que se vayan a utilizar. Si la MPP o el MVP son suficientemente altos, el uso de dispositivos de seguridad puede no ser necesario y además, si el equipo no es sometido a vacío, el cálculo del MVP se puede omitir.

Para el equipo que se compra por fuera como bombas, compresores, cambiadores de calor, etc. la siguiente información deberá ser proporcionada por el proveedor:

Presión de trabajo	no mayor al 90% de la MPP
MPP	presión de ajuste de la válvula de alivio.
MPP + 10%	válvula de alivio completamente abierta
MPP + 20%	sobrepresión máxima en fuego

MPP + 100% milisegundos antes de la presión de explosión, justo abajo del punto de máximo rendimiento.

Máxima temperatura permisible

Factor de seguridad, máxima corrosión permisible.

Presión de Operación.-

Es la presión en lb/in^2 manométricas a la cual el recipiente, en servicio, se encuentra expuesto.

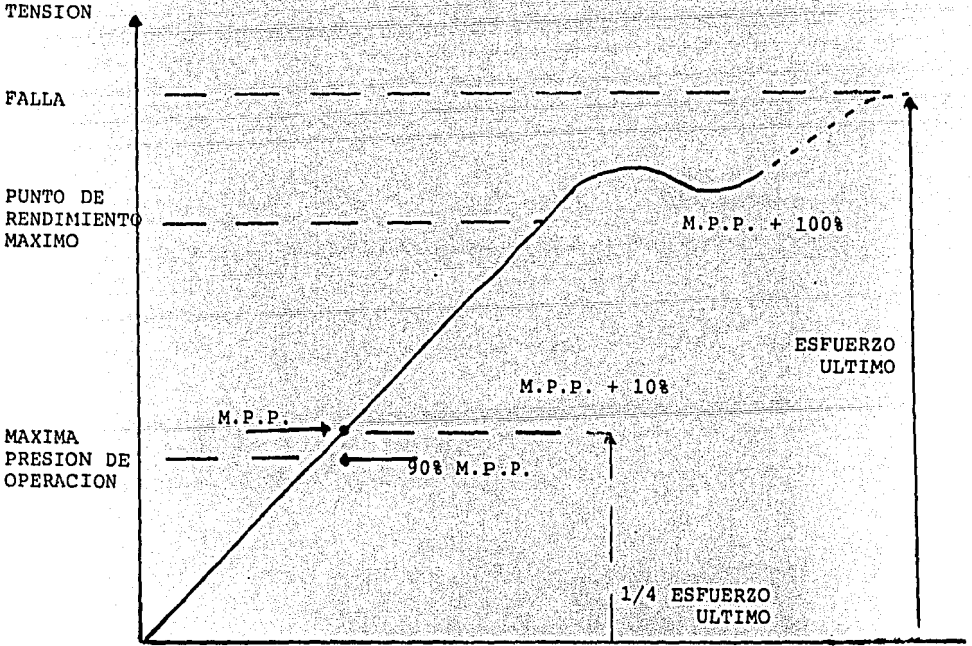
Un equipo de proceso se diseña generalmente a una máxima presión permisible que provea de un margen adecuado sobre la presión de operación, a fin de evitar una operación indeseada del dispositivo de seguridad. Este margen deberá ser tan consistente como sea posible con el diseño económico del recipiente así como las características del dispositivo de alivio.

I.1.1 Recipientes a Presión.

Un recipiente a presión, como su nombre lo indica, es aquel sometido a una diferencia de presiones entre la existente dentro del recipiente y la presión exterior o atmosférica. El equipo pues, puede estar sometido a presión interna, o positiva, cuando la presión dentro del recipiente es mayor a la presión exterior, o a presión externa, o negativa, cuando la presión exterior es mayor a la presión dentro del recipiente. Ambas son consideradas como posibles riesgos que en un momento pudieran causar serios daños tanto al personal como a los equipos si estos no se protegen con los debidos dispositivos de seguridad.

Podemos definir un recipiente sometido a presión en función del diámetro de este y la presión a la que se encuentra sometido, si se encuentra dentro del área indicada en la gráfica No. 2.

DIAGRAMA TENSION VS. DEFORMACION
LEY DE HOOKE



$$\% \text{ DE DEFORMACION} = \frac{\text{DEFORMACION}}{\text{UNIDAD DE LONGITUD ORIGINAL}}$$

La simple aplicación de una fórmula para obtener el área de un orificio es secundaria a un análisis del sistema de presión. Las causas más frecuentes por las que se pueden crear diferencias de presión en un equipo son:

- soplados de vapor, aire, gases, etc.
- serpentines de vapor que pudieran romperse
- entradas de agua a altas temperaturas que pudieran causar vacío por condensación
- expansión térmica para cierto fluido atrapado dentro del equipo, por cierre incorrecto de válvulas
- agitadores neumáticos o accionados por vapor
- presión generada por reacciones químicas
- inyección de vapor para calentamiento
- vapor a equipo sometido a vacío
- bombeo de líquidos con presión superior a la permisible.

I.1.2. Cálculo de la Máxima Presión Permisible

Para calcular la máxima presión permisible de cada uno de los equipos del proceso es necesario calcular:

- MPP de la parte superior (techo)
- MPP de la parte inferior
- MPP del cuerpo

El valor menor obtenido de estos cálculos dará la MPP del recipiente ya que será el punto o la parte más débil del recipiente, y por tanto la que fallará primero.

Tapa Plana.-

Para el cálculo de la MPP para recipientes de tapa plana se tienen las siguientes consideraciones:

Tapa Plana.-

Para el cálculo de la MPP para recipientes de tapa plana, se tienen las siguientes consideraciones:

No. de vigas con separación igual	MPP TAPA	MPP VIGAS
ninguna	$P = 6.17 \frac{t^2}{d^2}$	N/A
1	$P = 12.8 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 17.7 \frac{SZ}{d^3}$
2	$P = 15.0 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 24.0 \frac{SZ}{d^3}$
3	$P = 26.7 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 32.0 \frac{SZ}{d^3}$
4	$P = 41.6 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 40.0 \frac{SZ}{d^3}$
5	$P = 60.0 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 48.0 \frac{SZ}{d^3}$
6	$P = 81.7 \frac{t^2 S}{d^2}$	$P = 56.0 \frac{SZ}{d^3}$

Tipo Elipsoidal.-

$$MPP = \frac{2 SET}{D + 0.2 t}$$

Base Cónica.-

$$MPP = \frac{2 SET (\cos \alpha)}{D + 1.2 t (\cos \alpha)}$$

Tanque de Tapa Débil.-

$$MPP = \frac{\text{Peso de la Tapa} + \text{Peso del Cuerpo}}{\text{Area de sección transversal del tanque}}$$

Cuerpo Cilíndrico.-

$$MPP = \frac{SET}{VR + 0.6 t}$$

I.1.3. Cálculo del Máximo Vacío Permisible.

Cuerpo Cilíndrico.-

$$MVP = \frac{4 B}{3 \frac{Do}{t}}$$

o bien:

$$MVP = \frac{3 A E}{3 \frac{Do}{t}}$$

para valores de A, B y K/Do, referirse a las gráficas no. 3, 4 y 5.

Tapa Plana.-

Mismos cálculos que para MPP.

Tapa Cónica.-

$$MVP = \frac{\text{Sen}^2 \theta t E}{5D^2} - Pd$$

Códigos de Letras para Fórmulas Usadas para Cálculos de MPP y MVP.

- A - Factor según A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers)
- B - Factor según A.S.M.E.
- d - Diámetro de la tapa (pulgadas)
- D - Diámetro de la cabeza (pulgadas)
- Do - Diámetro del tanque (pulgadas)
- E - Eficiencia de las puntas $0.45 \leq E \leq 1$
- L - Longitud del tanque
- MPP - Expresado en lb/pulg^2
- MVP - Expresado en lb/pulg^2
- Pd - Peso muerto (peso de la tapa cónica en lb/pulg^2)
- R - Radio del tanque en pulgadas
- S - Máxima flexión permisible según el material del tanque
Acero al carbón S = 18,000 psi
Acero inoxidable S = 24,000 psi
- t - Espesor de la lámina
- Z - Sección modular de las vigas
- α - Angulo en tapas cónicas
- θ - Angulo entre el elemento del cono y horizontal
- E - Módulo de elasticidad
Acero = 3×10^5 psi

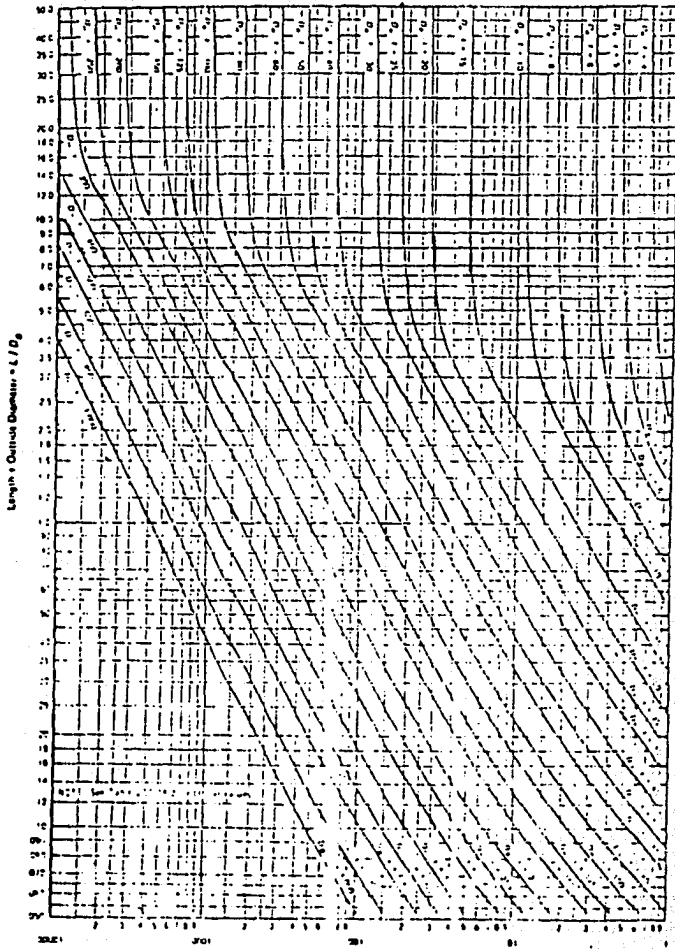


FIG. 3

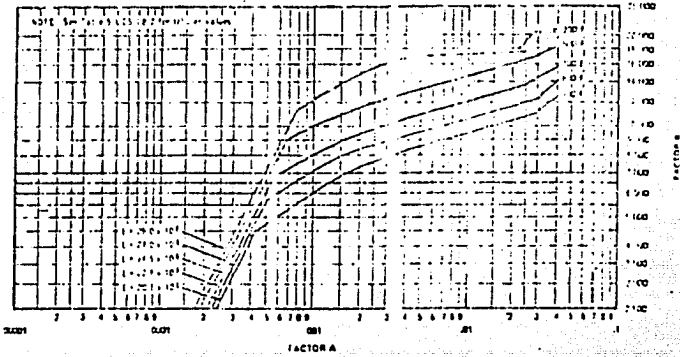
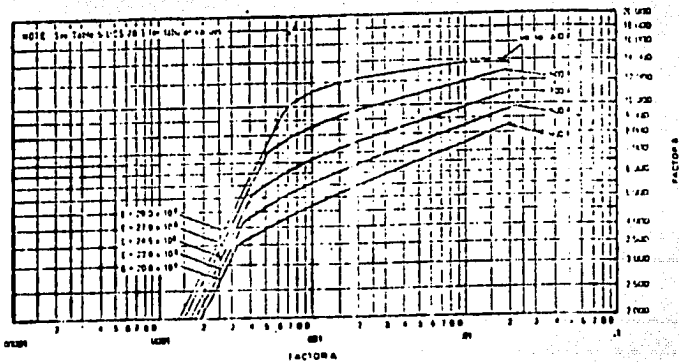


FIG. 4 GRAFICA PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS BAJO PRESION EXTERNA S = 24,000 a 29,000 psi

FIG. 5 GRAFICA PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS BAJO PRESION EXTERNA S = MAYOR A 30000 PSI



1.2. Sobrepresión.

Una vez que hemos definido lo que es la sobrepresión en un equipo, es necesario ahora, describir los principales dispositivos de seguridad utilizados para proteger contra este riesgo.

Como ya se mencionó anteriormente, lo realmente importante es comprender cual es la fuente en donde se origina la sobrepresión así como el sistema en general, de tal forma que se haga una selección adecuada del dispositivo; su dimensionamiento es secundario si se ha elegido correctamente.

Para los fines que persigue este estudio, se considerará a la sobrepresión como uno de los riesgos de los equipos de proceso. Por este motivo se detallan a continuación los principales dispositivos utilizados para aliviar sobrepresión.

1.2.1. Válvulas de Alivio

Las válvulas de alivio son dispositivos de seguridad automáticos actuando por la presión estática de adentro hacia afuera. Existen diferentes tipos de válvulas de alivio:

- válvulas de alivio
- válvulas de seguridad
- válvulas de seguridad - alivio

En general el objetivo de todas ellas es el mismo, abrir para liberar la sobrepresión que pueda llegar a presentarse en cualquier parte del proceso.

Las válvulas de alivio actúan mediante un disco, accionado por un resorte, que cierra la abertura de la válvula contra la fuente de presión.

A la presión de ajuste, el disco se levanta ligeramente y permite el paso de una pequeña cantidad de fluido. Mientras mayor es la presión en el recipiente mayor es la compresión en el resorte permitiendo que el disco se levante, dejando una mayor área de alivio para el fluido.

Las válvulas de alivio para líquido alcanzan su capacidad establecida a un 25% de sobrepresión. Debido a posibles variaciones en el diseño del disco y las guías, el área de flujo es difícil de calcular. Los coeficientes de descarga también varían según el diseño. En caso de utilizar vapor en una válvula de alivio para líquido es necesario que ésta sea calibrada previamente.

El levantamiento gradual del disco de una válvula de alivio es una característica que la diferencia de las válvulas de seguridad en las cuales el levantamiento establecido es alcanzado con baja sobrepresión.

Como resultado del aumento en el área de alivio el flujo de gases y vapores a una mayor presión es considerablemente mayor.

Las válvulas de seguridad-alivio se clasifican en convencionales o balanceadas dependiendo del efecto de la contrapresión en su funcionamiento.

Los resortes usados en refineries petroleras son generalmente externos y cubiertos para protegerlos de la temperatura y otros agentes corrosivos, así como proveer de medios para recolectar fugas alrededor de las guías.

Válvulas de Seguridad-Alivio Convencionales

Las válvulas de seguridad-alivio convencionales pueden ser especificadas para ser venteadas ya sea a la atmósfera o hacia el lado de descarga de la válvula. La cubierta de la válvula generalmente se ventea internamente hacia la salida.

Las Válvulas de seguridad-alivio convencionales se han utilizado cuando la descarga se realiza a través de una tubería corta hacia la atmósfera o a través de sistema múltiple de baja presión que lleva la descarga de una o más válvulas a un lugar lejano. Una reducción en el tamaño y consecuentemente en el costo del sistema de alivio múltiple se puede lograr incrementando la presión de operación. Sin embargo, la contrapresión en la descarga de una válvula de seguridad-alivio convencional puede afectar su presión de apertura y el comportamiento del flujo. El efecto de la contrapresión deberá determinarse mediante información proporcionada por el fabricante.

La mayoría de las válvulas de seguridad-alivio convencionales utilizadas en la industria petrolera tienen discos con un área (A_D) mayor que la del asiento de la boquilla (A_N). El efecto de la contrapresión en dichas válvulas se ilustra en la figura

Si la cubierta es venteada a la presión atmosférica la contrapresión actúa con la presión del recipiente para vencer la fuerza del resorte haciendo que la presión de alivio sea menor que cuando fué ajustada a la presión atmosférica a la salida. Sin embargo, si la cubierta es venteada a la descarga de la válvula y no a la atmósfera, la contrapresión actúa con el resorte incrementando la presión de apertura. Si la contrapresión fuese constante podría considerarse para establecer la presión de ajuste. En operación la contrapresión no es constante cuando un número de válvulas descargan a un sistema múltiple.

Las válvulas de seguridad-alivio instaladas normalmente, tienen un funcionamiento poco satisfactorio cuando la contrapresión es variable debido a las fuerzas desbalanceadas que afectan a la presión de ajuste. A contra presión relativamente baja el flujo de la válvula cae rápidamente en comparación del flujo teórico en la boquilla.

Válvulas de Seguridad-Alivio Balanceadas.

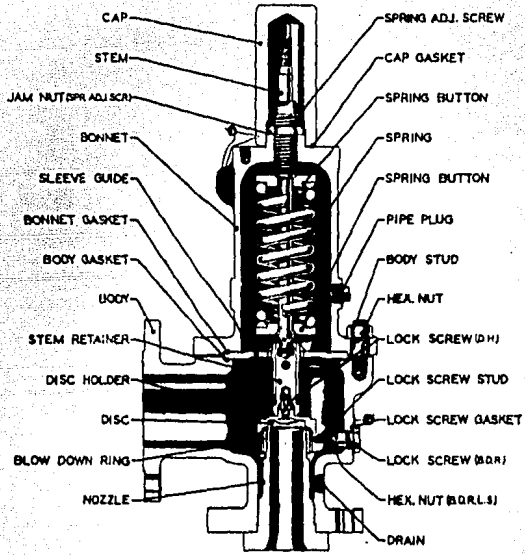
Este tipo de válvulas cuenta con formas de minimizar el efecto de la contrapresión en las características de operación, presión de apertura, presión de cerrado, elevación y capacidad de alivio. Existen 2 tipos de válvulas de seguridad - alivio balanceadas: la de tipo pistón y la de fuelle. En la de tipo pistón, de la cual existen algunas variaciones, la guía es venteadada a fin de que la contrapresión en las caras opuestas de la válvula se cancelen por sí mismas; la cara superior del pistón que tiene la misma área (A_R) que el asiento de la boquilla (A_G), está sujeta a presión atmosférica mediante el venteo de la cubierta. Los gases venteadados de la cubierta en las válvulas de tipo pistón deberán ser manejados con un mínimo de restricciones y de una manera segura.

En las válvulas de tipo fuelle, el área de fuelle efectiva (A_B) es la misma que la del asiento de la boquilla (A_N) y, por añadidura al cuerpo de la válvula, evita que la contrapresión actúe en la parte superior del disco. El área del disco que se extiende fuera del fuelle y del asiento evita la presencia de fuerzas desbalanceadas a cualquier presión.

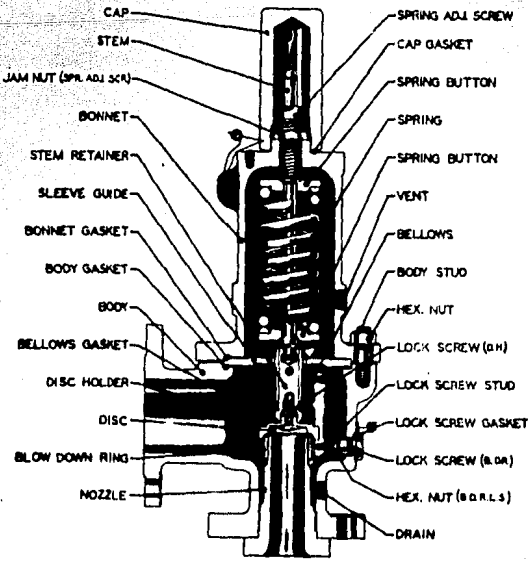
El fuelle abre la guía del disco evitando que el líquido trabaje sobre la cubierta. Para prevenir una falla del fuelle o fuga, la cubierta deberá ser venteadada separadamente de la descarga.

Las válvulas de seguridad-alivio balanceadas hacen posible mayores presiones en el sistema múltiple de descarga. Ambos tipos de válvulas balanceadas tienen venteos en la cubierta suficientemente largos para asegurar que no exista una contrapresión apreciable a las condiciones de flujo de diseño. Si la válvula está localizada en un punto en el cual ventear a la atmósfera presenta peligros el venteo deberá ser llevado a un lugar seguro.

VALVULAS DE SEGURIDAD - ALIVIO



CONVENCIONAL



BALANCEADA

Ecuaciones para el Cálculo de Orificios.-

Aire.-

(S.C.F.M.) a 1 atm. (14.7 psia) $A = \frac{VA}{17.5 PKt}$

60°F, K = 1.4

Vapores y Gases $A = \frac{W}{13.2 PKmKtKc}$

Libre / hora

Gases (S.C.F.M.) $A = \frac{V}{15.5 PKgKtKc}$

Vapor de Agua $A = \frac{Ws}{49 Pksh}$

Líquidos $A = \frac{Vl}{24.3 KpKqKv 1.25P_1P_2}$

Galones / minutos

Factores de Corrección de Capacidad.-

Kg = Factor para gravedad específica

$$K_g = \frac{1}{G} \quad (\text{ver tabla 7})$$

$$K_g = 1 \quad \text{para aire y agua}$$

Km = Factor para peso molecular

$$K_m = M \quad (\text{ver tabla 6})$$

Kt = Factor para temperatura

$$K_t = \frac{520}{t} \quad (\text{ver tabla 8})$$

Kc = Factor para radio de calor específico

$$K_c = \frac{C}{315} \quad (\text{ver tabla 9})$$

NOTA: Si el radio de calor específico no es conocido se utiliza $K_c = 1$.

Nomenclatura. -

A	= Area de orificio requerida en pulgadas cuadradas
W	= Capacidad de vapor requerida en libras por hora
Ws	= Capacidad de vapor de agua requerido en libras por hora
V	= Capacidad de gas requerido en S.C.F.M.
Va	= Capacidad de aire requerido en S.C.F.M.
Vl	= Capacidad de líquido requerido en galones por minuto
G	= Gravedad específica del gas (aire = 1) o líquido (agua = 1)
M	= Peso molecular promedio
P	= Presión de alivio en psia = presión de ajuste + 10% de sobrepresión + 14.7 psia.
P ₁	= Presión de ajuste en la entrada (PSIG)
P ₂	= Presión de regreso en la salida (PSIG)
T	= Temperatura de entrada °F, absoluta (°F = 460)
C	= Constante de flujo de vapor o gas (tabla 10)
K	= Radio de calores específicos CP/CV
Kp	= Capacidad de corrección para líquidos para sobrepresiones menores al 25% de la MPP
Ksh	= Factor de corrección por calentamiento (Tabla 11)
Kv	= Factor de corrección por viscosidad (Tabla 12)

Letras para la designación de Tamaño de Orificios en
Válvulas de Alivio

LETRA	AREA DEL ORIFICIO (pulg. ²)
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

Temperature Sizing Factor

K_t
Vapors and Gases (80°F. = 1)

T ₁	K	T ₂	K ₁	T ₂	K ₂
430	7.359	40	1.113	740	8819
440	8.130	30	1.110	860	8498
450	8.621	20	1.087	880	8383
460	8.953	10	1.075	300	8272
480	9.585	0	1.063	320	8163
500	10.280	10	1.052	340	8062
540	12.080	20	1.041	360	7963
580	14.27	30	1.030	380	7868
600	15.003	40	1.020	400	7776
680	17.000	50	1.010	420	7687
780	19.72	60	1.000	440	7592
880	22.57	70	0.990	460	7501
980	25.47	80	0.981	480	7413
1080	28.41	90	0.972	500	7326
1180	31.39	100	0.963	520	7243
1280	34.42	110	0.952	530	7203
1380	37.5	120	0.955	550	6944
1480	40.7	130	0.968	550	6693
1580	44.0	140	0.910	550	6558
1680	47.2	150	0.923	850	6423
1780	50.5	160	0.938	850	6300
1880	53.8	180	0.914	900	6187
1980	57.1	200	0.876	950	6073
2080	60.4	220	0.848	1050	5968

FIG. 8

Specific Gravity Sizing Factor

K_g
Vapors or Gases (Air = 1)
Liquids (Water = 1) at discharge Temperature

Sp. Gr.	K _g	Sp. Gr.	K _g	Sp. Gr.	K _g
0.97	1.01	0.930	1.70	0.659	
0.98	1.02	0.931	1.80	0.598	
0.99	1.04	0.931	1.90	0.537	
1.00	1.06	0.932	2.00	0.477	
1.01	1.08	0.933	2.10	0.416	
1.02	1.10	0.933	2.20	0.356	
1.03	1.12	0.934	2.30	0.295	
1.04	1.14	0.934	2.40	0.235	
1.05	1.16	0.935	2.50	0.174	
1.06	1.18	0.935	2.60	0.113	
1.07	1.20	0.935	2.70	0.052	
1.08	1.22	0.936	2.80	0.011	
1.09	1.24	0.936	2.90	0.000	
1.10	1.26	0.937	3.00	0.000	
1.11	1.28	0.937	3.10	0.000	
1.12	1.30	0.938	3.20	0.000	
1.13	1.32	0.938	3.30	0.000	
1.14	1.34	0.939	3.40	0.000	
1.15	1.36	0.939	3.50	0.000	
1.16	1.38	0.940	3.60	0.000	
1.17	1.40	0.940	3.70	0.000	
1.18	1.42	0.941	3.80	0.000	
1.19	1.44	0.941	3.90	0.000	
1.20	1.46	0.942	4.00	0.000	
1.21	1.48	0.942	4.10	0.000	
1.22	1.50	0.943	4.20	0.000	
1.23	1.52	0.943	4.30	0.000	
1.24	1.54	0.944	4.40	0.000	
1.25	1.56	0.944	4.50	0.000	
1.26	1.58	0.945	4.60	0.000	
1.27	1.60	0.945	4.70	0.000	
1.28	1.62	0.946	4.80	0.000	
1.29	1.64	0.946	4.90	0.000	
1.30	1.66	0.947	5.00	0.000	
1.31	1.68	0.947	5.10	0.000	
1.32	1.70	0.948	5.20	0.000	
1.33	1.72	0.948	5.30	0.000	
1.34	1.74	0.949	5.40	0.000	
1.35	1.76	0.949	5.50	0.000	
1.36	1.78	0.950	5.60	0.000	
1.37	1.80	0.950	5.70	0.000	
1.38	1.82	0.951	5.80	0.000	
1.39	1.84	0.951	5.90	0.000	
1.40	1.86	0.952	6.00	0.000	
1.41	1.88	0.952	6.10	0.000	
1.42	1.90	0.953	6.20	0.000	
1.43	1.92	0.953	6.30	0.000	
1.44	1.94	0.954	6.40	0.000	
1.45	1.96	0.954	6.50	0.000	
1.46	1.98	0.955	6.60	0.000	
1.47	2.00	0.955	6.70	0.000	
1.48	2.02	0.956	6.80	0.000	
1.49	2.04	0.956	6.90	0.000	
1.50	2.06	0.957	7.00	0.000	

The K_g of Sp. Gr. of any temperature less than 80°F. at the actual discharge will result in a safe value also.

FIG. 7

Specific Heat Sizing Factor

K_c
Vapors and Gases (k of 1.001 = 1)

k	K _c	k	K _c
1.001	1.000	1.18	1.174
1.02	1.010	1.40	1.150
1.04	1.018	1.42	1.136
1.06	1.022	1.44	1.121
1.08	1.027	1.46	1.106
1.10	1.030	1.48	1.092
1.12	1.044	1.50	1.077
1.14	1.051	1.52	1.062
1.16	1.057	1.54	1.048
1.18	1.063	1.56	1.032
1.20	1.070	1.58	1.017
1.22	1.074	1.60	1.002
1.24	1.083	1.62	0.987
1.26	1.089	1.64	0.973
1.28	1.093	1.66	0.959
1.30	1.102	1.68	0.945
1.32	1.106	1.70	0.929
1.34	1.113	2.00	0.920
1.36	1.118	2.20	1.008

FIG. 9

Molecular Weight Sizing Factor

K_m
($K_m = \sqrt{M}$)

Mol. Wt. M	K _m	Mol. Wt. M	K _m
2	1.414	100	10.000
3	1.732	110	10.488
4	2.000	120	10.954
5	2.236	130	11.401
6	2.447	140	11.832
7	2.645	150	12.247
8	2.828	160	12.649
9	3.000	170	13.038
10	3.162	180	13.416
20	4.472	190	13.784
30	5.477	200	14.142
40	6.324	220	14.832
50	7.071	240	15.491
60	7.745	260	16.124
70	8.366	280	16.723
80	8.944	300	17.320
90	9.486		

FIG. 6

Gas or Vapor	Molecular Weight	Sp. Ht. (Btu) Factor	k (Btu/Lv) at 80°F.	C (Cent-Lant)	K _g (C/21.3) Factor
Air	28.970	5.382	1.410	356	1.170
Acetylene	26.040	5.103	1.360	323	1.049
Ammonia	17.030	4.128	1.310	314	1.105
Argon	39.944	6.320	1.668	377.8	1.200
Benzene	78.110	8.818	1.118	323.8	1.044
n-Butane	58.120	7.430	1.054	326.4	1.036
iso-Butane	58.120	7.430	1.057	326.7	1.037
Carbon Disulphide	76.130	8.738	1.210	318	1.072
Carbon Dioxide	44.010	6.944	1.300	349	1.102
Carbon Monoxide	28.010	5.382	1.404	316.4	1.131
Chlorine	70.910	8.421	1.353	361.6	1.117
Cyclohexane	84.158	9.174	1.049	324.9	1.031
Dowtherm "A"	163.000	17.843	—	—	—
Dowtherm "G"	147.000	12.124	—	—	—
n-Ethane	30.068	5.464	1.191	326.3	1.047
Ethylene	28.053	5.266	1.242	341.3	1.083
Freon 11	113.721	11.720	1.134	313.6	1.050
Freon 12	120.920	10.993	1.137	310.7	1.051
Freon 22	86.480	9.399	1.184	336.4	1.067
Freon 114	170.920	13.073	1.088	326.2	1.036
Helium	4.003	2.000	1.680	337.	1.189
Hexane	100.198	10.010	1.038	321.8	1.041
Heptane	98.173	9.983	1.043	327.2	1.052
Hydrochloric Acid	36.470	6.042	1.410	327.	1.133
Hydrogen	2.016	1.420	1.410	337.	1.133
Hydrogen Sulphide	34.016	5.629	1.320	349	1.108
Methane	16.042	4.008	1.308	347.8	1.108
(Methyl Alcohol)	48.069	6.767	1.130	310.	1.040
Methyl Alcohol	32.000	5.957	1.363	311.3	1.071
Methyl Chloride	98.965	7.109	1.200	327.	1.070
Natural Gas (Typical)	18.000	3.360	1.37	344.0	1.090
Nitrogen	28.018	5.293	1.404	356.4	1.131
Nitrous Oxide	44.020	6.638	1.303	347.3	1.103
n-Octane	114.228	10.680	1.348	320.8	1.018
Oxygen	32.000	3.950	1.401	356.1	1.130
Paraffin	116.21	11.6	—	—	—
Propylene	42.088	6.064	1.274	323.4	1.097
iso-Propylene	42.088	6.064	1.274	323.8	1.098
Freon 113	152.000	12.500	1.153	310.3	1.049
Sulphur Dioxide	64.076	8.004	1.240	341.	1.083
Toluene	92.130	9.610	1.060	326.	1.038

FIG. 10

Viscosity Correction Chart

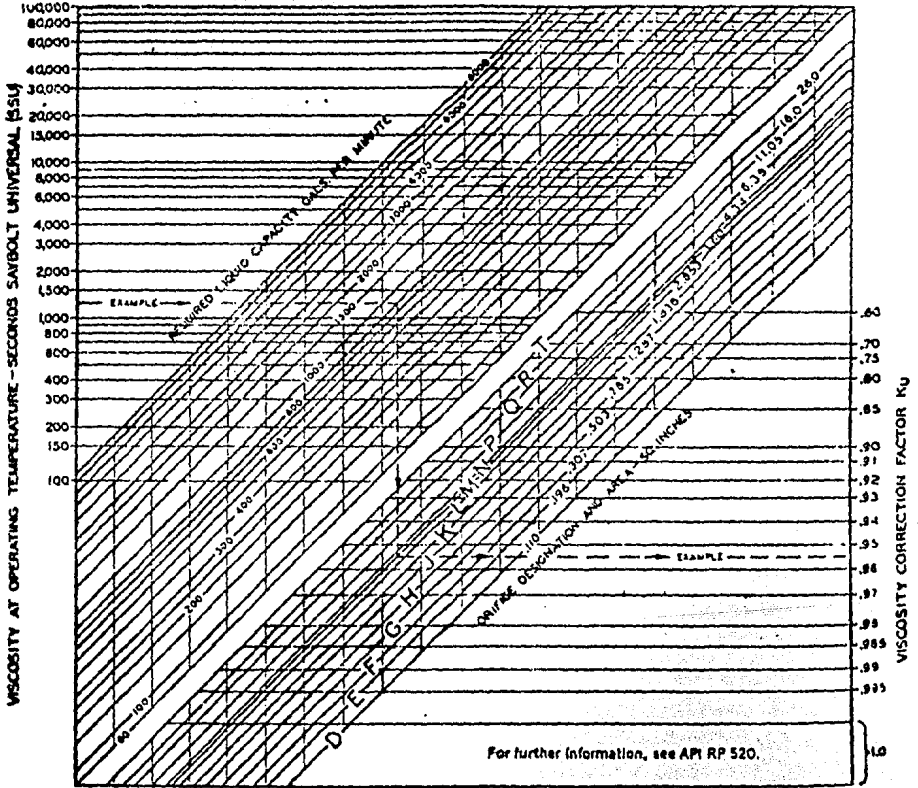


FIG. 12

Selección de la Válvula de Alivio.-

Una vez que el área del orificio requerido ha sido calculada, de acuerdo a las condiciones del proceso, la válvula deberá ser seleccionada.

Las tablas 13 y 14 son tablas comerciales del fabricante Teledyne Farris, en las cuales se muestran el modelo y el número, y la cantidad de orificios existentes para cada modelo. Mientras que unos modelos indican una gran cantidad de tamaños de orificio, otros no se encuentran disponibles más que en un tamaño, es por esto, que conviene contar con tablas de diferentes proveedores para poder considerar el mayor número de alternativas posibles.

Deberá especificarse en el pedido de las válvulas, si éstas deberán tener palanca de accionamiento manual, la cual sirve como purga cuando ésto sea necesario.

Para cada válvula con entrada mayor de 3/4" se deberá proveer drenaje por medio de un barreno de por lo menos 3/8" en el punto más bajo de la válvula donde el agua se pueda acumular. Válvulas menores deberán tener barrenos para drenaje no menores a 3/16" de diámetro.

Si se desea una tubería para desfogue, ya sea a drenaje o a recirculación, se deberá de calcular esta tubería de tal manera que la caída de presión sea menor de 10% de la presión al ajuste de la válvula.

El flujo crítico debe mantenerse a través de la válvula de alivio, sino, la capacidad de alivio se verá reducida del valor indicado en las tablas de capacidad.

Instalación.-

Cuando la instalación se hace en equipo a tanques, la válvula de alivio del recipiente deberá conectarse en el espacio en el cual exista vapor o aire, o sea donde no se encuentre líquido.

Si es una válvula para líquidos y se desea instalar abajo del recipiente, deberá tomarse en cuenta la presión

ejercida por el líquido, disminuyendo en la misma proporción el ajuste de presión.

Cuando la instalación se hace en tuberías en donde la entrada a la válvula de alivio es mayor a la tubería en la que se va a instalar, deberá usarse una "te" de igual dimensión o diámetro.

1.2.2. Válvulas de Presión Vacío.

Las válvulas de presión vacío (PVV) son dispositivos de seguridad que se utilizan a fin de que los tanques y otros equipos puedan "respirar" debido a los cambios de temperaturas, bombeo, condensación interna de vapores y otras situaciones.

Son dispositivos que se utilizan cuando la MPP del tanque o recipiente sea reducida, esto es, que alguna parte del equipo que delimite la MPP sea menor a 10 psi.

Instalación.

La instalación de válvula de presión vacío es muy semejante a la de las válvulas de alivio. Pueden ser instaladas a través de un venteo e inclusive si es necesario, en la misma línea en que exista un arrestaflama, ya que el flujo se puede propagar a través del orificio.

Tamaño.

Cuando se necesita diseñar tipo y tamaño, se procede de la siguiente manera:

1. Usar las fórmulas para cálculos de orificios, calculando KoA , que es el producto del factor K por el área.

Table 1. Orifice Size Range Available - Farris Relief Valves*

ORIFICE LETTER-NUMBER	EFFECTIVE ORIFICE AREA	FARRIS VALVE CATALOG NUMBER & NO. OF ACTUAL ORIFICE SIZES				OF ACTUAL ORIFICE SIZES			
		2600 (14 Sizes)	2950 (11 Sizes)	1850 (4 Sizes)	2740 (1 Size)	2741 (4 Sizes)	2745 (3 Sizes)	1000 (10 Orif.)	4500 (10 Sizes)
B	0.019						2745 Liq		
	0.020			1850 Liq				1000 Gas	
	0.06				2740				
	0.063							1000 Liq	
	0.067							1000 Gas	
	0.077			1850 Gas			2745 LIG		
D	0.081			1850 Liq					
	0.098								
E	0.110	2600		1850 Liq		2741			
	0.170							1000 Gas	
	0.173								
	0.183			1850 Gas		2741			
E	0.184					2741			
	0.196	2600				2741			
O	0.208						2745 LIG	1000 Liq	
	0.250							1000 Gas	
	0.302								
	0.307	2600	2950						
P	0.314			1850 Gas					
	0.390			1850 Liq					
G	0.442					2741			
	0.503	2600	2950						
	0.507							1000 Liq	
	0.530			1850 Gas					
H	0.591							1000 Liq	
	0.785	2600	2950						4500
	0.831								
	0.943							1000 Liq	
	1.080								
	1.175								
J	1.287	2600	2950						4500
	1.838	2600	2950						4500
K	2.030								
	2.853	2600	2950						4500
L	3.60	2600	2950						4500
	4.34	2600	2950						4500
M	6.38	2600	2950						4500
	11.05	2600	2950						4500
N	16.0	2600	2950						4500
	26.0	2600	2950						4500
P									
Q									
R									
T									

* Farris valves are shown for illustration only. Equivalent valves from other manufacturers are also acceptable. See PSP 489.

Relief Valves - Selection By Service

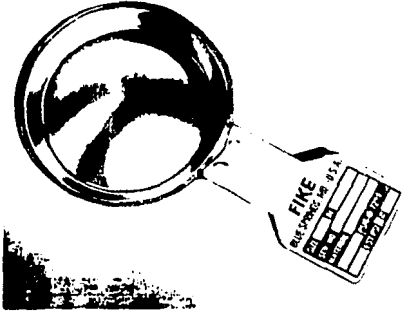
SERVICE	FARRIS VALVE NO.	SIZE RANGE	PRESSURE RANGE	BODY	CONN'T	TRIM
AIR	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 2000 psi	SS	Steel	SS
	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi to 250 psi	Br.	C.I.	Br.
CHEMICAL & CORROSIVE CHEM.	1000	1/2" x 1/2" to 2" x 2"	2 psi to 150 psi	SS & Hast.C.	SS & Hast.C.	Diaphr. disc SS & Hast.C.
	2600	1" x 2" to 8" x 10"	5 psi to 6000 psi	CS also Hast.C.	CS Monel, & 316 SS	SS
OYE (PUMP BY-PASS)	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	50 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
EDIBLE OIL	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 2000 psi	SS	CS	SS
	2600	1" x 2" to 8" x 10"	5 psi to 6000 psi	CS also Hast.C.	CS Monel, & 316 SS	SS
	2950	1-1/2" x 2" to 6" x 8"	5 psi to 400 psi to 160 psi	C1 C1	C1 C1	Br. or SS Br. or SS
FAT	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 2000 psi	SS	CS	SS
	2600	1" x 2" to 8" x 10"	5 psi to 6000 psi	CS also Hast.C.	CS Monel, & 316 SS	SS
FLAVORS	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	50 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
FUEL OIL	2740U	1/2" x 1" to 1" x 1"	10 psi to 2000 psi	SS	CS	SS
	2950	1-1/2" x 2" to 6" x 8"	5 psi to 400 psi to 160 psi	C1 C1	C1 C1	Br. or SS Br. or SS
GLYCERINE	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	500 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
GENERAL SERVICE	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi to 250 psi	Br.	C1	Br.
	2600	1" x 2" to 8" x 10"	5 psi to 6000 psi	CS also Hast.C.	CS Monel, & 316 SS	SS
LUBRICATING OIL	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi to 250 psi	Br.	C1	Br.
NITROGEN	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi to 250 psi	Br.	C1	Br.
OIL (EDIBLE)	2740U	1/2" x 1" to 1" x 1"	10 psi to 2000 psi	SS	CS	SS
	2600	1" x 2" to 8" x 10"	5 psi to 6000 psi	CS also Hast.C.	CS Monel, & 316 SS	SS

* Farris valves are shown for illustration only. Equivalent valves from other manufacturers are also acceptable.

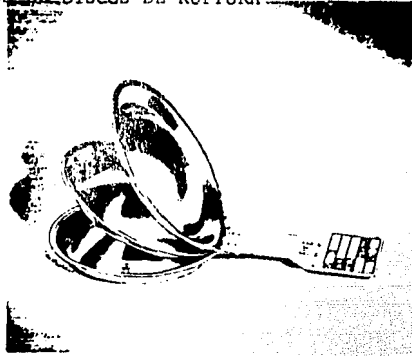
Table 2. Relief Valves - Selection By Service (Cont'd)

SERVICE	FARRIS VALVE NO.	SIZE RANGE	PRESSURE RANGE	BODY	BONNET	TRIM
PERFORME (PUMP BYPASS)	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	50 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
SOAP	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 800 psi	SS	CS	SS
	4500	2" x 3" to 4" x 6" 6" x 8" to 8" x 10"	300 psi max. & 600 psi max. 300 psi max.	CS	CS	CS
SPRINKLER	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	50 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
STEAM	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 800 psi	SS	CS	SS
	1852H	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	5 psi to 300 psi	Br.	Br.	Br.
	4500	2" x 3" to 4" x 6" 6" x 8" to 8" to 10"	300 psi max. & 600 psi max. 300 psi max.	CS	CS	CS
THERMAL EXPANSION	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 800 psi	SS	CS	SS
	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi 250 psi	Br.	CI	Br.
TOOL-DRIVEN	2745	1/2" x 1/2" to 1" x 1"	50 psi to 10,000 psi	CS or SS	CS or SS	303 SS or 316 SS
WATER	1850	1/2" x 1" to 1-1/2" x 2"	10 psi to 800 psi	SS	CS	SS
	1855	1/2" x 3/4" to 3" x 4"	300 psi 250 psi	Br.	CI	Br.
	2950	1-1/2" x 2" to 6" x 8"	5 psi to 400 psi to 180 psi	CI CI	CI CI	Br. or SS Br. or SS

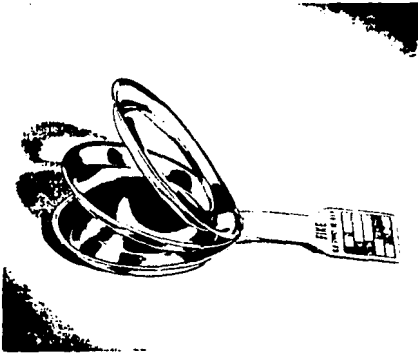
DIFERENTES TIPOS DE DISCOS DE RUPTURA



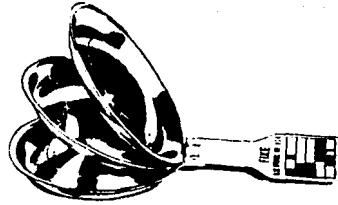
DISCO DE RUPTURA CONVEXO FIKE



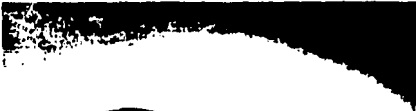
DISCO DE RUPTURA FIKE DE 3 COMPONENTES
PROTEGE CONTRA IMPUREZAS



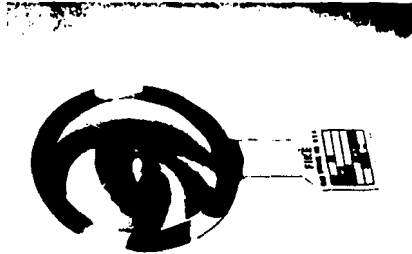
DISCO DE RUPTURA REFORZADO DE
3 COMPONENTES FIKE



DISCO DE RUPTURA DE 3 COMPONENTES PARA
BAJAS PRESIONES DE RUPTURA

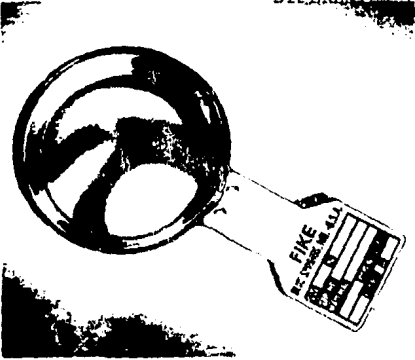


DISCO DE RUPTURA PARA SISTEMAS
A 90° DE LA PRESION DE ALIVIO

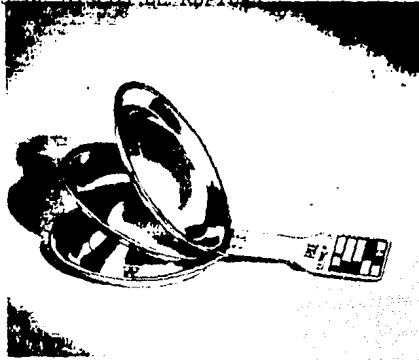


DISCO DE RUPTURA PARA PROTEGER VALVULAS
DE ALIVIO EN REACTORES DE POLIMERIZACION

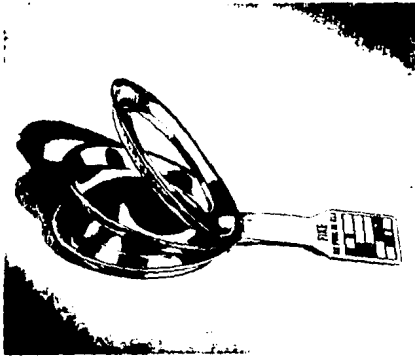
DIFERENTES TIPOS DE DISCOS DE RUPTURA



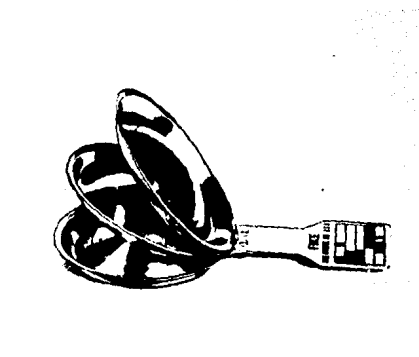
DISCO DE RUPTURA CONVEXO FIKE



DISCO DE RUPTURA FIKE DE 3 COMPONENTES
PROTEGE CONTRA IMPUREZAS



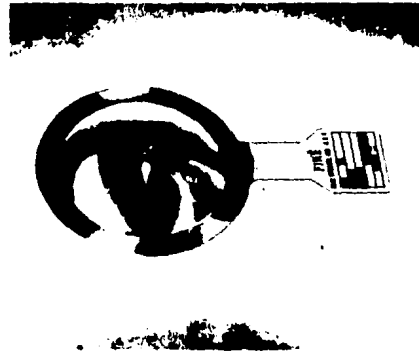
DISCO DE RUPTURA REFORZADO DE
3 COMPONENTES FIKE



DISCO DE RUPTURA DE 4 COMPONENTES PARA
BAJAS PRESIONES DE RUPTURA



DISCO DE RUPTURA PARA SISTEMAS
A 90% DE LA PRESION DE ALIVIO



DISCO DE RUPTURA PARA PROTEGER VALVULAS
DE ALIVIO EN REACTORES DE POLIMERIZACION

VALORES DE K_{0A}

Size (in.)	Greth		Varec		
	Model 76.13	Model NYC 1000	Model 2010	Model 70	Model 482
2	2.89	-	4.06	1.50	1.92
3	5.55	-	8.92	4.11	4.17
4	8.45	10.37	14.40	6.34	7.10
6	21.52	22.99	29.71	14.65	16.34
8	33.90	39.41	54.92	25.36	23.35
10	51.50	60.53	84.62	39.45	-
12	94.20	86.21	119.52	56.36	-
16	153.20	-	-	-	-
20	187.70	-	-	-	-
24	255.85	-	-	-	-

FIG. 15

2. Seleccionar de tablas (Tabla No. 15) el Modelo que se tenga disponible según el valor de K_{oA} que se tenga.

NOTA: Nunca usar válvulas de presión vacío en recipientes a presión.

I.2.3. Discos de Ruptura

Un disco de ruptura es un dispositivo de alivio contra sobrepresión estática, no mecánico, diseñado a fallar en un determinado punto. Es un punto débil en un recipiente sometido a presión que no es autocerrable (una vez que ha actuado hay que sustituir).

Uso.-

Los discos de ruptura se usan generalmente cuando:

- La fuga a través de válvulas de alivio permita el escape de gases o vapores peligrosos.
- Cuando los rangos de operación sean mayores al 6% de la MPP del equipo que se desea proteger.
- Cuando se desea un área de alivio superior a la de una válvula de alivio.

Ventajas.-

La principal ventaja de un disco de ruptura es la capacidad de alivio a sobrepresión, ya que ésta se convierte en la misma de la tubería que lo contiene y puede ser calculada como tal.

Otra ventaja es que los discos de ruptura son mucho más económicos que cualquier otro dispositivo de alivio a sobrepresión.

Son más fáciles de inspeccionar que una válvula de alivio o que una válvula de presión vacío y forman un sello más efectivo para materiales peligrosos, inflamables, corrosivos y/o caros.

Desventajas.-

La principal desventaja de los discos de ruptura es que cuando éste falla o actúa, es necesario reemplazarlo por otro, lo cual ocasiona el paro total del equipo que se encuentra adyacente.

Otras desventajas son su bajo rango de uso (entre 67 y 90% de la MPP) y la variación de estos rangos con aumentos en la temperatura.

Tipos de Discos de Ruptura.-

Los discos de ruptura tienen tolerancia de manufactura a una presión específica de explosión. El $\pm 5\%$ garantizado por los fabricantes se refiere a dicha tolerancia y depende del tipo de construcción del disco.

Existen tres tipos aprobados por la A.S.M.E., y son:

- Discos con perfil curvo (metal)
- Discos con curvatura inversa (metal)
- Discos de perfil plano (carbón)

Los discos de perfil curvo debido a su diseño, pueden tolerar presión sólo hacia un sentido. Cuando fallan, se cortan en gajos.

Cuando los discos con perfil curvo actúan en presiones menores a 300 psi., es necesario que se contengan soportes para protegerlos contra vacío.

Estos discos son actuados y fallan por tensión por lo que una pequeña abolladura podría hacer variar la presión de falla, ocasionando un incidente en un momento dado. Ya que la presión varía para distintos metales o aleaciones, se recomienda utilizar las siguientes consideraciones para determinar la falla por presión mínima, las cuales proveen de mayor vida a los discos de ruptura evitando así el pronto reemplazo por falla innecesaria:

- Para servicio sin pulsaciones, (vibraciones de equipo) diseñar a 1.5 veces la presión de trabajo.
- Para servicio con alto rango de pulsaciones usar 2 veces la presión de trabajo.
- Para servicios con pocas pulsaciones diseñar a 1.75 veces la presión de trabajo.

En cuanto a las variaciones de temperatura, como se mencionó anteriormente, los discos de ruptura están diseñados para fallar en base a 72°F.

Los discos con perfil de curvatura inversa son de metales o aleaciones de estos y fallan rompiéndose irregularmente, al contrario de como ocurre con los discos de perfil curvo.

Estos discos están hechos de dos tipos y tienen su lado convexo expuesto a la sobrepresión. Los hay con un cortador afilado transversal para asegurar que el disco se rompa completamente de lado a lado o sin cortador para menores presiones de trabajo.

Los discos de ruptura con perfil de curvatura inversa, pueden operar a más del 90% de su presión de falla, dado que son mucho más gruesos que los anteriores.

Los discos de ruptura de carbón tienen varias ventajas sobre los metálicos y son:

- Tienen límites más amplios de falla
- El costo de instalación es menor.

Estos discos no son tan precisos como los metálicos dada la naturaleza impredecible de este material, por lo

que se recomienda usarlos a 55% o menos de la MPP del equipo que se desee proteger.

Estos discos se pueden instalar entre bandas comunes adyacentes a la tubería, por lo que su costo de instalación es menor ya que no requieren de bridas especiales como los de metal.

Estos discos no requieren de soportes contra vacío, ya que ceden a la misma presión y al vacío, dado que son planos. Finalmente, como recomendación, no deben instalarse expuestos al personal ya que al estallar producen fragmentos que pudieran lesionar a éste.

Mantenimiento.-

Este punto es sumamente importante, como lo es en todos los dispositivos de seguridad, pero especialmente en los discos de ruptura, ya que tanto la instalación como el manejo apropiado de éstos es crítico para su comportamiento.

El mal manejo e instalación de los discos de ruptura, puede afectar drásticamente el punto de explosión así como la vida de estos. Se recomienda:

1. No abrir los empaques en que los discos vienen envueltos hasta que estén listos para instalarse.
2. Leer cuidadosamente las instrucciones de manejo antes de tocar los discos.
3. Tomar los discos únicamente por los bordes, nunca tocar el domo, ya que además de posibles abolladuras en el metal que pueden alterar el servicio de éste, el sudor puede ser corrosivo.
4. Examinar los discos para detectar daño previos,

nunca instalar discos dañados en cualquiera de sus áreas.

5. Limpiar perfectamente las bridas en las cuales el disco quedará instalado removiendo grasas, producto, oxidación, etc. Limpiar y pulir las superficies con papel que no desprenda partículas.
6. Instalar el disco y las bridas cuidadosamente, verificando las flechas para asegurar la posición.
7. Usar torquímetro para apretar las tuercas, las instrucciones de instalación de cada disco especifican a cuantas libras deben de ir ajustados.
8. Aplicar procedimientos correctos para apretar las tuercas apretando primero las tuercas opuestas y así sucesivamente, apretar por medio de fases por ejemplo a un 25, 50, y 100% de la carga total.
9. Después de presurizado el sistema, verificar cuidadosamente que no existan fugas en éste, nunca apretar tuercas estando el sistema presurizado.

Líneas de Descarga.-

Es necesario calcular el tamaño de la tubería de tal manera que la caída de presión no sea de más del 10% de la presión de explosión del disco de ruptura. Se recomienda barrenar la línea de descarga de tal manera que no se acumule líquido o producto en ésta.

Nunca deberán instalarse válvulas después del disco (excepto válvulas de alivio como a continuación se menciona), la línea de descarga deberá estar libre.

El uso de discos de ruptura en serie con válvulas de alivio, es recomendado para minimizar las fugas a través de éstas últimas cuando se manejen materiales tóxicos, inflamables, caros, etc., pero además este tipo de instalaciones es recomendado en donde el uso de discos de ruptura fuese impráctico, dado la total ruptura que éstos sufren.

DISCO DE RUPTURA ENTRE EL RECIPIENTE
Y LA VALVULA DE SEGURIDAD

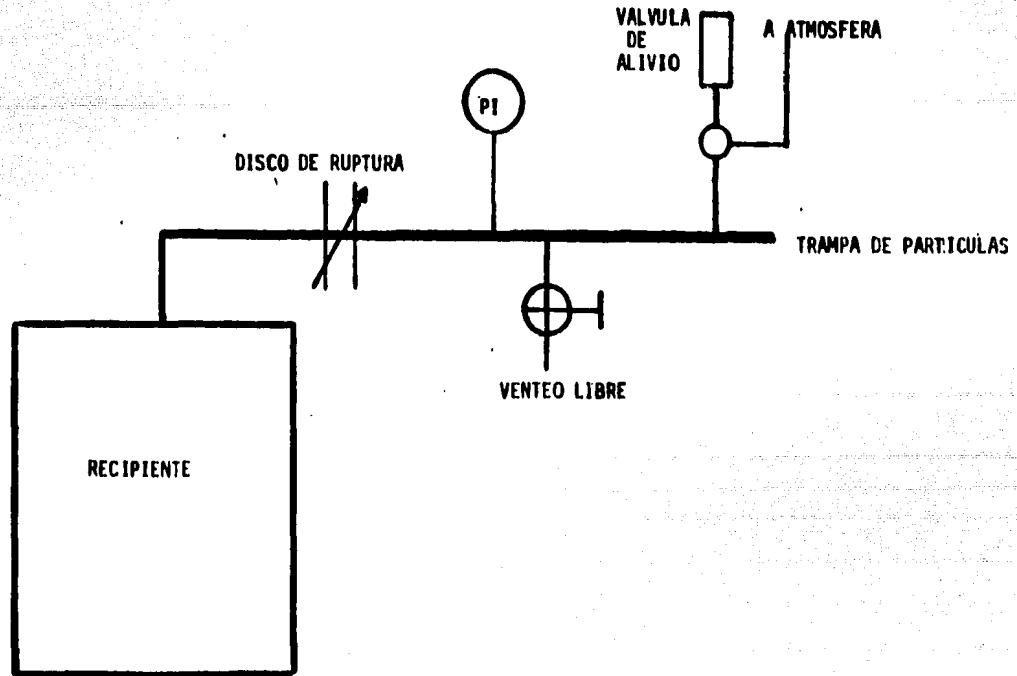


FIG. 16

DISCO DE RUPTURA ENTRE LA VALVULA DE ALIVIO
Y LA DESCARGA

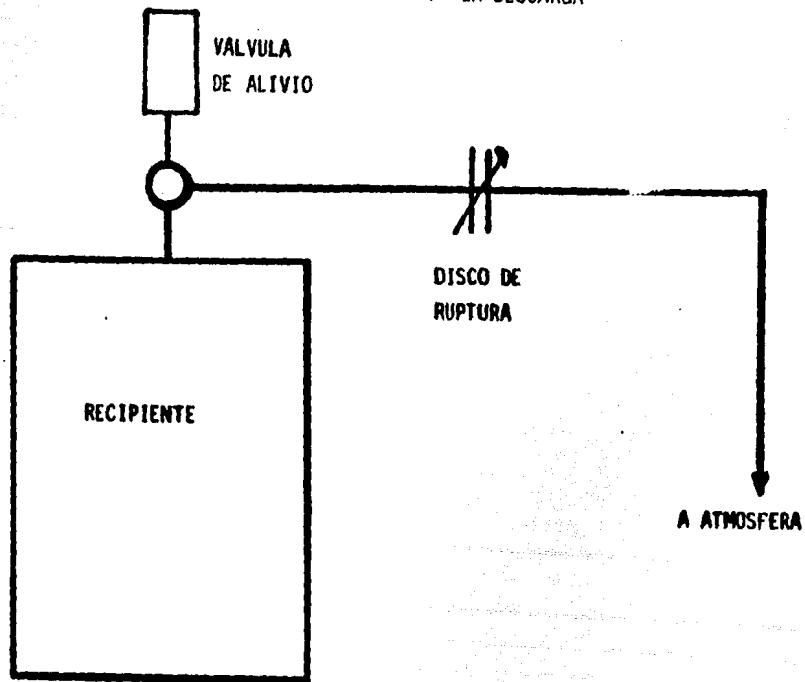


FIG. 17

Existen los dos tipos de instalación:

1. Discos entre el recipiente y la válvula.
2. Disco entre la válvula de seguridad y la descarga.

En el primer caso, la mejor colocación para un disco de ruptura es entre el recipiente protegido y la válvula y se recomienda lo siguiente (fig. 16):

- proveer un venteo libre con válvula
- un manómetro para indicar si el disco ha fugado o se ha roto
- una trampa de partículas para coleccionar éstas cuando el disco ceda, esto no se requiere en discos que no se fragmentan (metálicos).

Cuando el disco es usado entre el recipiente protegido y la válvula de alivio, el radio de explosión con respecto a la presión de trabajo es igual como si se usara un sólo disco.

Este tipo de instalaciones también protege a la válvula de alivio de corrosión, causada por el fluido que se utilice. Este tipo de combinación debe ser ajustada al 80% de la capacidad de la válvula de alivio a menos que la combinación haya sido certificada por una prueba hidrostática.

En el segundo caso (fig. 17), el disco de ruptura puede ser usado entre la válvula de alivio y el desfogue, pero esta instalación es menos recomendable que la anterior. Este arreglo se recomienda para usarse de tal manera que el fluido de uso no sea corrosivo, que sea limpio y libre de engomarse o solidificarse. Este arreglo se usa para que alguna acumulación en el espacio entre la salida de la válvula y el disco de ruptura no bloqueen la salida de desfogue.

Se recomienda especificar la presión de explosión del disco de ruptura a 72°F, ya que éste siempre estará frío o bien a temperatura ambiente.

La mayor utilidad de este tipo de instalación es para cerrar o evitar las constantes fugas que se pueden dar en la válvula de alivio.

Selección y Tamaño

Para seleccionar el disco de ruptura hay que considerar desde luego las condiciones de operación del equipo que se va a proteger. Ya que los discos actúan como orificio de flujo cuando estos están abiertos, se recomienda usar las fórmulas de fluidos a través de orificios para calcular el área, usando como coeficiente de orificio $K = 0.8$.

Existen tres factores que se toman en cuenta para el diseño de un disco de ruptura:

1. Material
2. Rangos
3. Tipos de disco de ruptura según su construcción

1. Materiales.-

Los materiales de construcción de un disco de ruptura hacen variar el rango de temperaturas y presiones de trabajo, como se puede observar en la siguiente gráfica, los hay de los siguientes materiales:

Materiales Comunes:

Aluminio

Niquel

Acero inoxidable 316

Inconel

Monel

Materiales Especiales:

Hastelloy

Titanio

Plata

Oro

Platino

2. Rangos.-

Las consideraciones en cuanto a rangos están dadas de la siguiente manera:

- Presión. La presión de trabajo a la cual puede someterse un disco de ruptura varía de acuerdo a los siguientes factores:

- Espesor del material
- Diámetro del orificio
- Material de construcción

y la presión de trabajo puede variar desde pulgadas de columna de agua (los cuales requieren protección contra vacío) hasta 135,000 psi.

- Tamaño. Los tamaños varían desde 1/8" hasta 44" de diámetro, recordar que a mayor diámetro, menor resistencia a la presión.

- Temperatura. Existen rangos de temperatura desde -420°F hasta 1000°F, notese en la gráfica de presión vs. temperatura (fig. 18), que a mayor temperatura tiende a bajar la resistencia a la presión estática a la cual el disco es sometido (Inconel y Aluminio).

I.2.4. Alivios Naturales

Los llamados Alivios Naturales, son dispositivos de seguridad cuyo funcionamiento no es mecánico sino sólo por flujo de fluidos. Dichos alivios naturales son los más simples y por lo tanto los que más dependen de los métodos

de alivio por medio de presión. Dado esto, las precauciones adecuadas para que éstos se mantengan limpios y libres al flujo requerido son muy recomendables.

Además las condiciones de diseño son determinantes para que no se obstruyan, por ejemplo, el trazado de una línea con vapor en el sobreflujo de un tanque de cierto producto será requerido para que no se enfríe y por lo tanto solidifique obstruyendo así dicho sobreflujo.

Se consideran alivios naturales:

- Sobreflujos
- venteos
- tapas sueltas
- orificios

Estos dispositivos no deberán utilizarse en los siguientes casos:

- Recipientes a presión
- cuando se utilice un gas inerte
- cuando el aire pueda dañar el contenido del tanque.

Venteos.-

Son dispositivos de seguridad cuyo objetivo es proteger a los recipientes de la presión negativa o vacío.

Existen diferentes razones para causar vacío en un tanque:

- condensación en las paredes frías del recipiente
- condensación de vapor por introducción de agua fría dentro del recipiente (siendo este el caso más peligroso)
- causas externas tales como enfriamiento de las paredes debido a lluvias o bajas temperaturas en el ambiente.

- bombeo hacia afuera o bien transferencia por gravedad.
- conexión del recipiente hacia otro que contenga vacío.

Para cada uno de los casos se puede calcular el venteo adecuado.

En los casos en los que la condensación depende de las paredes del tanque se procede de la siguiente manera:

- a) se calcula la superficie del tanque, o sea:

$$S = 2 RH + R^2$$

- b) se calcula el MVP del tanque
- c) obtener el tamaño del venteo del nomograma de la fig. 19.

Cuando en el tanque se puede dar el caso de introducir agua y vapor, la condensación de un gran volumen de agua puede dar lugar a que se dañe el recipiente. Para prevenir esto, el venteo a dichos tanques es generalmente mayor.

Sobreflujos.

Como se mencionó anteriormente el uso de tapas sueltas, sobreflujos, venteos y orificios permite proveer al tanque de alivios naturales para evitar sobrepresión.

Cuando un tanque almacena materiales co-rosivos que pueden ser un peligro para el personal y el equipo, se requiere de una forma de ser desechados cuidadosamente cuando el tanque se sobrellena. El uso de interruptores de nivel e indicadores no es suficiente, ya que existe la posibilidad de que fallen en un momento dado.

Un sobreflujo puede ser de dos tipos; simple o complejo:
El simple, como se muestra en la fig. 20 solo requiere energía (cabeza de líquido para que el líquido fluya a través del sobreflujo) ya que solo cuenta con un tubo vertical que lo conduce directamente al dique.

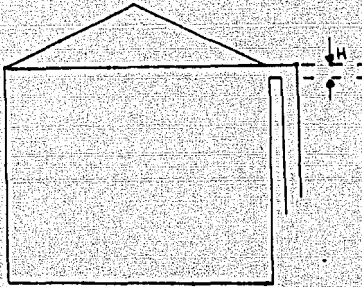


Fig. 20

En los sobreflujos la presión, la cabeza del líquido (altura) y la velocidad están interrelacionadas por medio de la ecuación de Fanning:

$$P = N P_v + K$$

$$N = \frac{12 Fl}{d}$$

P_v = Columna del líquido (presión)

$$= \frac{v^2}{2g} = \frac{2.79 \times 10^{-7} W^2}{Dd^4}$$

El sobreflujo complejo requiere energía adicional para que el líquido fluya a través de la tubería horizontal que se instaló de tal manera que el líquido sea conducido a determinado lugar.

Para su cálculo es necesario resolver, primero, el diámetro del sobreflujo tal y como se hace para uno simple, o sea:

$$P = NP_v$$

Después con el diámetro calculado se calcula la caída de presión de la siguiente manera:

$$P = \frac{12Fl}{d} + K \text{ acc. } Pv$$

Finalmente se calcula la columna del líquido (H) por medio de la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma}$$

donde γ es la densidad específica del líquido (lb/in³)

Orificios.

Un orificio es una restricción de (teóricamente) cero longitud, que limita el flujo de fluidos en un sistema. Un orificio barrenado en una placa instalada entre brida es un ejemplo claro de un limitador de flujo de tal manera que este no sea mayor a la capacidad requerida. Otros componentes de tuberías pueden ser usados como limitadores de flujo tales como válvulas de globo, reguladoras de presión, etc. La presión cae debido al incremento de la velocidad a medida que el flujo pasa del orificio, lo cual implica la reducción de flujo, o bien del gasto.

El coeficiente de un orificio es la medida de eficiencia relativa de este en particular comparada con un orificio ideal. Los valores de los coeficientes de orificio (K_o) pueden tener:

- un valor máximo para ser usado en el cálculo de entradas (llamados limitadores de flujo), y
- un valor real para ser usado en los cálculos de flujo en las salidas llamado flujo actual.

Tapas Seltas.

Una tapa suelta es otro tipo de los considerados como alivios naturales y como su nombre lo indica son tapas que abren y cierran por medio de una bisagra y se accionan cuando exista alguna sobrepresión dentro del tanque.

El tamaño de estas deberá ser por lo menos de 18" de diámetro, de esta manera no será necesario otro dispositivo de alivio para sobrepresión.

Las ventajas de usar tapas sueltas son que éstas proveen un orificio grande de alivio, eliminando así la necesidad de calcular más dispositivos; además, son más económicas que cualquier otro dispositivo de seguridad y casi no requiere mantenimiento.

Las limitaciones son, que las tapas sueltas no protegen al tanque contra vacío. Además en el caso de uso de materiales corrosivos, será necesaria la instalación de sobreflujos, además del uso de tapas sueltas.

Otra limitación es que no deben ser instaladas en tanques cuyo uso es de materiales inflamables o tóxicos en este caso, es necesario la instalación de venteos con conducción de estos materiales a un área segura.

Una recomendación importante, sería no obstruir nunca las tapas sueltas ni remacharlas de tal manera que siempre estén en condiciones de operar.

13. Fuego

Uno de los riesgos más importantes en cualquier planta de proceso es el fuego, y es por eso deben tomarse todas las medidas de seguridad y de protección tanto para el personal como para todos los equipos.

Los equipos deberán estar protegidos tanto para fuego que se pudiera generar en exterior y penetrar en el recipiente, como para fuego que pudiera generarse por inflamación del material contenido.

El término de líquido inflamable se aplica a todo líquido cuyo punto de ebullición es menor a 100°F y que su presión de vapor sea menor a 40 libras/pulg.² (absolutas) a 100°F.

Los materiales pueden ser clasificados según su flamabilidad que representa la susceptibilidad de un material a quemarse. La forma de atacar el fuego en caso de que este exista, está influenciado por dicha susceptibilidad a arder. Existen las siguientes categorías:

- 4) Gases muy inflamables o líquidos inflamables muy volátiles. En caso de fuego es necesario cerrar el flujo y mantener corrientes de agua de enfriamiento sobre los tanques o recipientes expuestos.
- 3) Materiales que pueden arder bajo cualquier condición normal de temperatura. El agua puede no ser efectiva debido al bajo "flash point" del líquido.
- 2) Materiales que deberán ser moderadamente precalentados para arder. Un rocío de agua puede utilizarse para extinguir el fuego ya que el material puede enfriarse debajo de su punto de ebullición.
- 1) Materiales que deben ser precalentados para que empiecen a arder. El agua puede hacer espuma si se llega a meter debajo de la superficie del material. Sin embargo, una nube de agua puede crear una espuma que caiga sobre la superficie del líquido extinguiéndolo.
- 0) Materiales no inflamables.

Cualquier recipiente a presión en una planta que maneja o procesa líquidos o gases flamables puede estar expuesto a fuego en algún momento dado. El peligro puede existir aún cuando el contenido del recipiente no sea flamable.

Puede existir fuego en cualquier fuga de hidrocarburos en los equipos de una refinería por ignición accidental. El líquido o gas que alimenta el fuego puede provenir del recipiente expuesto a la flama o de otro equipo adyacente. La fuga puede producirse en uniones de tuberías u otros equipos o por fallas operacionales. Puede haber fugas por sobrellenado de tanques o fallas en los equipos de bombeo. Los líquidos inflamables deben ser alejados de la fuga. Si son líquidos mediante la pendiente natural del suelo y si son gases o vapores por corrientes de aire.

Con la salida súbita de cualquier cantidad considerable de hidrocarburos contenidos generalmente como líquido, arriba o a la presión de vapor correspondiente a la temperatura del ambiente, una porción del flujo descargado como líquido se evaporará y el líquido restante será enfriado por la vaporización parcial ocurrida. A menos de que el líquido sea drenado se formarán chorros.

En caso de que la fuga sea encendida el aumento de la vaporización producirá mezclas pobres de aire-vapor y cantidades variables de humo.

En caso de un fuego abierto, el calor será absorbido por el recipiente y otros equipos expuestos a la flama, ya sea por radiación, contacto directo con gases calientes o flamas; o ambas. Si la absorción de calor se produce por un tiempo suficiente el contenido del recipiente se calentará y la presión aumentará hasta que la válvula de seguridad de alivio abra. El alivio de vapores mediante la válvula servirá para limitar la máxima presión en el recipiente. Si la cantidad de vapor generada es mayor que la capacidad de la válvula de presión puede sobrepasar a la M.P.P. del recipiente alcanzando niveles peligrosos. Así pues, es necesario tomar en cuenta la posibilidad de fuego al calcular el tamaño de las válvulas de alivio.

Si la presión crítica del fluido es mayor a la presión de ajuste, la radiación sobre la superficie mojada (esto es, la superficie interna de la pared exterior del recipiente que está en contacto con el líquido) provocará que el líquido contenido hierva y el calor será absorbido con solo un pequeño aumento en la temperatura del metal. La absorción de calor y en consecuencia el vapor generado causará un aumento en la presión dentro del recipiente hasta alcanzar la presión de alivio de la válvula.

Mientras el vapor generado bajo estas condiciones esté debajo de la capacidad de flujo de la válvula de seguridad de alivio, la válvula al abrir, descargará hasta que la presión en el recipiente caiga hasta la presión de ajuste y la válvula cierre.

1.3.1. Ecuaciones para el Cálculo de Calor Absorbido

La cantidad de calor absorbido por un recipiente expuesto a fuego abierto es marcadamente afectado por su tamaño, el tamaño de la instalación y del ambiente.

Estas condiciones son evaluadas mediante las siguientes ecuaciones en las cuales el efecto del tamaño sobre la entrada de calor está representado por A, el área mojada del recipiente, y un factor que es el efecto de otras condiciones:

$$q = 21,000 FA^{-0.18}$$

$$Q = 21,000 FA^{0.80}$$

en donde:

q = Absorción de calor promedio
en BTU

Q = Absorción de calor total en la superficie húmeda en

A = Area mojada total en f^2

(El factor $A^{-0.18}$ es el factor o relación de exposición de área). Esta relación considera el hecho de que recipientes grandes no tienden a estar completamente expuestos como los recipientes pequeños.

F = Factor ambiental. Para recipientes no aislados $F = 1.0$ para recipientes aislados varía de 0.3 a 0.075.

La figura (A) muestra la relación entre el calor absorbido y el área mojada.

I.3.2. Area Expuesta al Fuego.

La superficie mojada por el líquido contenido es efectiva para generar vapor cuando esta está expuesta al fuego. Los contenidos de líquido en condiciones variables deben tomarse a un valor promedio:

- 1) Recipientes llenos (como tratadores) operan llenos. Así pues el área mojada será la superficie total del recipiente.
- 2) Tanques agitados. Normalmente operan a media capacidad. Así pues el área mojada será el 50% de la superficie total del recipiente.
- 3) Columnas fraccionadoras. Normalmente operan con un nivel líquido en el fondo y un nivel en cada plato. Es razonable suponer que la superficie mojada en el líquido total en el fondo y en los platos dentro de una altura de 25 pies.
- 4) Tanques de almacenamiento. La superficie mojada es normalmente calculada en el inventario promedio.

Vapor - Líquido Aliviado

Vapor

Para presiones y temperaturas abajo del punto crítico la cantidad de vapor formado, una medida de la capacidad de alivio requerida, es igual a la cantidad total de calor absorbido dividido entre el calor latente de vaporización.

El vapor que será aliviado es vapor en equilibrio con el líquido bajo las condiciones en que la válvula opera a su máxima capacidad. La composición del vapor y del líquido puede variar mientras los vapores son aliviados. Como resultado la temperatura y el valor del calor latente pueden variar afectando el tamaño requerido de la válvula. El calor latente y peso molecular que deberán usarse para calcular la cantidad de vapor deberán ser aquellos a las condiciones a las cuales se genera la máxima cantidad de vapor. Cuando las condiciones de alivio son arriba del punto crítico la cantidad de vapor descargado depende de la expansión del fluido como resultado de la entrada de calor.

Líquido

Las válvulas de alivio o de seguridad alivio en la zona de líquido en recipientes que pueden estar expuestos a condiciones de fuego deberán ser verificadas pasando un volumen de líquido equivalente al desplazamiento causado por vaporización causada por fuego.

Capacidad de Alivio de Acuerdo a la Exposición al Fuego.

Es evidente que las válvulas de alivio de presión no pueden proteger un recipiente que es sobrecalentado localmente en una superficie seca, aunque previenen un aumento de presión mas allá de la presión de acumulación de la válvula.

Sin embargo, en esos casos el recipiente puede ser protegido efectivamente contra falla por uno de los siguientes métodos:

- 1) Reducción de la presión mediante despresurización.
- 2) Limitación efectiva de la entrada de calor.

Sistemas de Despresurización.

La reducción de presión en el recipiente de acero expuesto a fuego no sólo tiene la ventaja de reducir la tensión en el metal a un valor en el cual no falle, sino también de reducir la cantidad de combustible que puede alimentar el fuego.

Si un fuego ocurre dentro de una unidad de proceso existe la posibilidad de que los controles (que en operación normal serán usados para reducir la presión) fallen; o no ser accesibles al personal. Es deseable, entonces, tener controles remotos de despresurización.

I.3.3. Métodos para Limitar la Entrada de Calor por Fuego.

Aislamiento

La limitación de entrada de calor por fuegos abiertos por aislamiento u otros medios reduce el aumento de la temperatura de la pared metálica. Más aún, cuando la importancia de reducir grandemente, o casi eliminar, la generación de vapor dentro del recipiente, evitando que, normalmente, sea la exposición al fuego la que determine los requerimientos de alivio. El aislamiento también alivia el problema de manejo de vapores de desecho y posiblemente el gasto de proveer de un sistema de alivio para conducir los afluentes.

Cubrir un recipiente a presión con tierra, o su instalación subterránea es otra forma efectiva de limitar la entrada de calor.

Enfriamiento de la Superficie Aplicando Agua.

Películas de agua, cubriendo la superficie metálica pueden absorber substancialmente la radiación incidente bajo condiciones ideales. Pruebas realizadas aplicando 1.9 Galones/min. FT² a una placa de 18" de espesor expuesta al fuego demostraron que la temperatura aumentó aproximadamente 12° Fahrenheit si se protegía con agua mientras que un aumento de 1300°F se presentaba en placas secas.

Proveer el volumen requerido de agua para absorber la mayor parte de la radiación es impracticable para la mayoría de las instalaciones. Sin embargo, es extremadamente importante proveer de agua a un recipiente expuesto a fuego a fin de mantener la temperatura del metal debajo del punto al cual la falla puede ocurrir. La parte superior es la que debe permanecer fría, ya que ésta no está protegida internamente por el líquido. Sistemas de lluvia o niebla utilizando 0.05 a 0.20 Gal/min/FT² se utilizarán en la práctica.

La seguridad de una aplicación efectiva de agua depende de muchos factores como: la temperatura de congelación, los vientos, condiciones de la superficie del recipiente, etc.

Drenajes

Una de las formas más efectivas de reducir la intensidad en la absorción de calor es evitar la formación de charcos de combustible cerca del recipiente instalando sistemas de drenaje.

MANEJO DE DESECHOS DE SISTEMAS DE ALIVIO O DESPRESURIZACION.

Métodos de Manejo Remoto.

Las descargas de líquidos flamables o vapores de hidrocarburos de sistemas de alivio o despresurización deberán ser llevados a un lugar adecuado para su desecho.

En un sistema cerrado, mezclas de líquido y vapor predominantemente condensables pueden ser llevados a un lavador de agua para remover todas las fracciones condensables. Vapores no condensables pueden ser descargados del lavador en cualquier forma práctica no peligrosa. Los vapores del lavador pueden ser liberados a la atmósfera; cuando vienen de válvulas de seguridad o despresurizantes pueden ser descargados a un sistema cerrado que los lleve directamente a un quemador. Un separador puede ser colocado corriente arriba para evitar la posible entrada de líquido.

Descarga a un Sistema de Baja Presión.

La descarga del material aliviado al mismo u otro sistema a menor presión puede proporcionar medios económicos y seguros de desecho, siempre y cuando, el sistema soporte la carga adicional.

Líquido de Sistemas de Alivio.

Agua aliviada de un enfriador de tubos, como resultado de una expansión térmica puede ser descargada a drenes. Sin embargo, hidrocarburos provenientes de líneas fuera del proceso deberán ser descargados a tanques o recipientes cerrados.

Desecho Atmosférico de Vapores no Condensables.

Si la localización del equipo es tal que la descarga del vapor directamente a la atmósfera es tolerada, puede utilizarse para aquellos vapores que no condensarán en cantidades apreciables a la temperatura atmosférica más baja de la región. La descarga de gases no condensables a través de válvulas de seguridad hacia la atmósfera puede considerarse segura si la localización es tal que la ignición de dicha descarga pueda ser tolerada sin peligro para el personal o equipos adyacentes.

I.3.4. Arrestaflamas

Los arrestaflamas son dispositivos de seguridad que se colocan en los venteos de un tanque que contenga vapores inflamables. Los arrestaflamas trabajan bajo el mismo principio que las lámparas de seguridad utilizadas en minas. Estas lámparas consistían en una flama de aceite rodeada por una pantalla de alambre fino que absorbía todo el calor producido por la flama de tal manera que no se alcance la temperatura de ignición del material.

En unidades pequeñas se pueden utilizar pantallas para absorber el calor, en unidades grandes se utilizan placas corrugadas.

Los arrestaflamas generalmente tienen placas de aluminio de 0.0126" de espesor y se encuentran espaciadas a 0.39". Están montadas en guías removibles que se encuentran dentro de un compartimiento que se adapta entre bridas. La guía permite sacar las placas para que estas sean limpiadas.

Los materiales pueden ser diferentes tales como aluminio, acero inoxidable y acero galvanizado, como se muestra en la Fig. 21.

Los tamaños de los arretaflamas dependen del venteo en el cual serán colocados. Los arretaflamas de 2" y mayores tienen bridas de 125 PSI para su instalación. Estos dispositivos son unidades de bajas presiones de trabajo.

Los arretaflamas deben ser instalados en los venteos de todos los tanques que contengan líquidos con un punto de inflamación menor a 110°F. También deben ser instalados en lugares donde se venteen gases inflamables con excepción de hidrógeno ya que la flama de hidrógeno se mueve tan rápido que no es parada por un arretaflamas.

El arretaflama no debe ser utilizado a más de 15 pies de la fuente de ignición, ya que esta es la máxima distancia permisible para enfriar la flama.

El uso de los arretaflamas es para prevenir la entrada de flama externa dentro de un tanque que contenga líquido inflamable.

Para la adquisición de un arretaflama es necesario especificar lo siguiente:

Marca

Tamaño de tubería

Designación de bridas

Material de construcción

Material de las placas

Altura del cuerpo

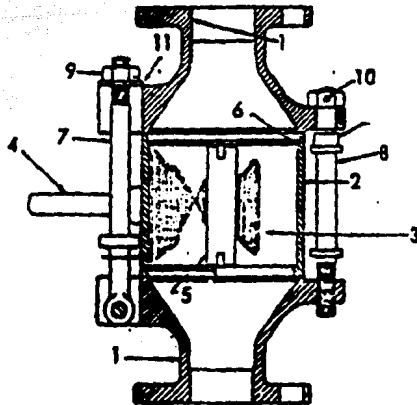
Peso aproximado

Material que se está
trabajando.

ARRESTADOR DE FLAMA

LISTA DE PARTES

DESCRIPCION	MATERIAL ESTANDAR
1.— Cobezal	Aluminio
2.— Vaso	Aluminio
3.— Panel	Aluminio
4.— Manija del Vaso	Aluminio
5.— Centro del Panel	Aluminio
6.— Anillo de Retención	Aluminio
7.— Birlos Movibles	Aluminio
8.— Birlos Fijos	Aluminio y Acero Inoxidable.
9.— Tuerca	Aluminio y Acero Inoxidable.
10.— Seguro	Acero Galvanizado.
11.— Rondana	Acero Galvanizado.



METODO DE INSTALACION
 Conéctese a una brida correspondiente.
 Sujétese con tuercas y birlos adecuados.

Cables a Tierra.

Los cables a tierra son dispositivos que canalizan la energía estática en el tanque a tierra de tal forma que no se produzca una chispa en el tanque que pueda inflamar el material contenido en el tanque. Es importante verificar el buen estado de los cables periódicamente, para asegurar la correcta descarga de la energía.

CAPITULO II. CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE FORMALDEHIDO

II.1. Generalidades.

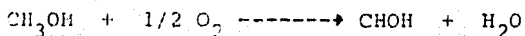
El formaldehído es el primer compuesto de la serie de los aldehídos alifáticos. Fue descubierto en el año de 1859 por Butlerov y ha sido manufacturado industrialmente desde principios de este siglo. Se obtiene, generalmente, por medio de la oxidación del metanol por aire utilizando un catalizador metálico como la plata o plomo molibdeno.

Por su costo, relativamente bajo, su alta pureza y su gran variedad de reacciones químicas, el formaldehído se ha convertido en uno de los compuestos químicos más importantes para la industria y la investigación. Entre los más comunes del formaldehído se cuentan la obtención de resinas amino-fenólicas, fertilizantes, acabados textiles además de ser utilizado para la fabricación de productos farmacéuticos, sellos elastoméricos, herbicidas y una gran variedad de otros productos químicos.

Generalmente, el formaldehído es producido como una solución acuosa conteniendo de un 30 a un 56% de HCHO y 0.5 a 15% en peso de metanol. Toda la información sobre capacidad, demanda y precios se reporta para formaldehído al 37% en peso. El formaldehído se vende como bajo en metanol (ininhibido) y como alto en metanol (inhibido). El metanol se utiliza como estabilizador.

II.2. Materias Primas, Productos y Subproductos.

Como ya se mencionó, el formaldehído, se obtiene mediante la oxidación catalítica del metanol siguiendo la siguiente ecuación:



Esta reacción es, generalmente, muy selectiva y de alta conversión, sin embargo, eventualmente, pueden obtenerse pequeñas cantidades de algunos subproductos tales como acetona y ácido fórmico.

II.2.1. Propiedades Físicas.

Formaldehído. A temperaturas ordinarias, el formaldehído puro es un gas incoloro de olor penetrante y sofocante. Se produce y vende en soluciones acuosas conteniendo cantidades variables de metanol.

Las principales propiedades físicas del formaldehído se encuentran enlistadas en la tabla II-1, sin embargo, algunas de las más importantes como la densidad y la viscosidad varían con la temperatura y pueden predecirse mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{densidad (gr/cm}^3\text{)} = [1.119 + 0.003 (F-45) - .0027M] \\ (1.0 + 0.00055 (55 - t)) \text{ donde} \\ F \text{ y } M \text{ son las concentraciones} \\ \text{de formaldehído y metanol y } t \\ \text{la temperatura en } ^\circ\text{C.}$$

$$\text{Viscosidad (cP)} = (1.28 + 0.039F + 0.005M - 0.024t)$$

Riesgo de Fuego y Explosión.

El gas se vaporiza rápidamente de la solución y es inflamable en el aire. Límites de inflamabilidad, 7% y 73%. Temperatura de ignición, 806°F. Puntos de ebullición, -3°F para líquido puro; 214°F para solución al 37%. Flash point para solución al 37% varía de 185°F cuando se tiene 0.05% de metanol a 122°F con 15% de metanol.

Tabla II-2. Propiedades Físicas del Metanol y del Formaldehído.

PROPIEDAD	METANOL	FORMALDEHIDO
Densidad, g/cm^3 (20°C)	0.8153	0.791
Punto de ebullición, °C (1 atm)	-19	64.8
Punto de fusión, °C	-118	-97.5
Presión de vapor, constante de la ecuación de Antoine		
A	9.2817	18.5875
B	959.43	3626.55
C	243.392	-34.29
Calor de vaporización (ΔH_v) en el punto de ebullición cal/mol	5568.7	8426.00
Calor de formación a 25°C $\frac{(kcal)}{mol}$	-27.7	-57.04
Energía libre standar a 25°C, Kcal/mol	-26.26	-39.8
Constantes críticas		
Temperatura, °C	137.2	512.6
Presión, atm.	67.16	79.9

En caso de fuego, usar rocío de agua, polvo químico, espuma de alcohol o bióxido de carbono. Usar agua para mantener los recipientes expuestos fríos. En caso de fugas usar rocío de agua para dispersar los vapores.

Almacenamiento.

Proteger contra daño físico. Separar de materiales oxidantes o alcalinos. Para almacenamiento interior deberá proveerse drenaje o al menos dique. Las temperaturas mínimas de almacenamiento para prevenir polimerización varían de 83°F para formaldehído al 37% conteniendo 0.05% de metanol a 29°F para formaldehído conteniendo 15% de metanol.

Metanol.

Es el primer compuesto de la serie de los alcoholes. Es un líquido incoloro, soluble en agua y que antiguamente se obtenía principalmente mediante la destilación destructiva de la madera (calentando madera a temperatura elevada sin la acción del aire). Actualmente se obtiene mediante la hidrogenación catalítica del monóxido de carbono. Sus principales propiedades físicas se encuentran enlistadas en la tabla II-1.

Riesgo de Fuego y Explosión.

El metanol tiene un flash point de 52°F y una temperatura de ignición de 850°F. Sus límites de inflamabilidad son de 6 a 36% y su punto de ebullición es de 147°F. En caso de fuego el agua puede ser poco útil, a menos que se utilice como rocío, puede utilizarse polvo químico o espuma de alcohol. En general el metanol es un producto

poco tóxico que puede causar irritación y una lesión residual menor. Es un material bastante inflamable que puede arder bajo cualquier condición de temperatura, aunque es un material bastante estable aun bajo condiciones de fuego por lo que no hay peligro de explosión.

II.2.2. Propiedades Químicas.

Formaldehído.

Es un compuesto notable por su reactividad y su versatilidad como intermediario químico. Se utiliza en la forma de monómero anhidro, solución, polímero y derivados.

El monómero anhidro del formaldehído no se encuentra disponible comercialmente. El gas puro y seco es relativamente estable a 80 - 1--°C pero lentamente comienza a polimerizar conforme desciende la temperatura. Trazas de pequeñas impurezas polares tales como ácidos, alcalis y agua aceleran la polimerización. Si se calienta el formaldehído líquido, en un ampulita cerrada hasta la temperatura ambiente, polimeriza rápidamente desprendiendo calor (63KJ / mol.)

El formaldehído es sorprendentemente estable. Difícilmente se descompone a temperaturas menores a los 300°C. Los principales productos de la descomposición del formaldehído son CO y H₂. Metales tales como el platino, cobre, cromo y aluminio catalizan la descomposición formando metanol, formato de metilo, ácido fórmico, dióxido de carbono y metano.

A temperaturas ordinarias, el gas formaldehído es bastante soluble en agua, alcoholes y otros solventes polares. Su calor de solución en agua y alcoholes alifáticos ligeros es de 15KCal/Mol.

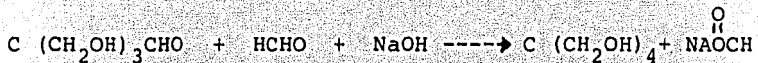
El formaldehído se reduce a metanol mediante hidrógeno ante catalizadores metal-óxido. Es oxidado a

ácido fórmico o dióxido de carbono y agua. La reacción de Cannizzaro produce ácido fórmico y metanol. Similarmente, la reacción tipo Tischenko en fase vapor, catalizada por cobre y ácido bórico es:



El formaldehído se condensa con si mismo en una reacción tipo aldol para producir hidroxicetonas menores, hidroxialdehídos y otros compuestos hidroxí; la reacción es autocatalizada y favorecida por condiciones alcalinas. Condensación con otros compuestos produce metilol (-CH₂OH) y metileno.

En presencia de alcalis, aldehídos y cetonas conteniendo átomos α hidrógeno se produce una condensación aldol con el formaldehído para formar derivados mono y polimetilol. Con acetaldehído se obtiene pentaeritritol (PE).

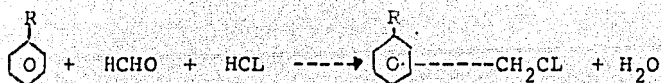


En fase vapor a 285° el acetaldehído produce acroleína.



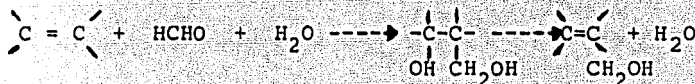
Derivados del metileno se obtienen en fase vapor, con compuestos que tienen un hidrógeno en posición α a un grupo al que se le ha retirado un electrón. Ácidos (o éteres) acrílicos o metacrílicos se producen a 300 - 425°C a partir de ácido (o éteres) ascético y propiónico, respectivamente, usando catalizadores alcalinos o alcalinotérreos. Los mismos catalizadores son efectivos para producir acrylonitrilo a partir de acetonitrilo. Con

cetonas, ocurre la adición de dos unidades de formaldehído; por ejemplo, 2-butanona se convierte a 2-metil 1,4 pentadieno 3.



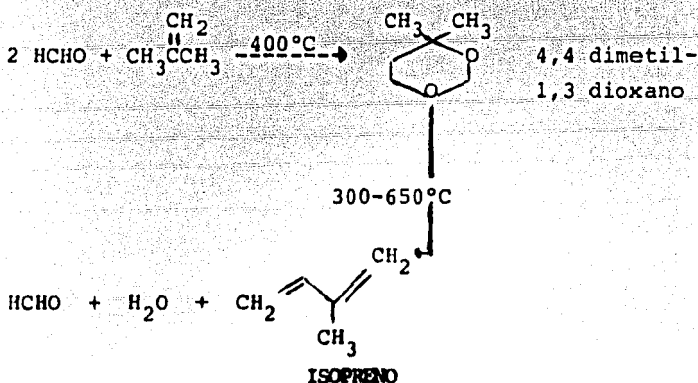
Clorometilación puede ocurrir con éteres fenólicos, amidas y otros compuestos conteniendo átomos activos de hidrógeno en presencia de formaldehído y cloruro de hidrógeno.

La adición de formaldehído a olefinas catalizada por ácido (reacción de Prins) se lleva a cabo en solvente orgánico ácido.



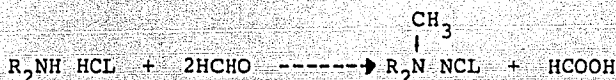
En ácido ascético acuoso, el estireno produce 1 fenil- 1-3 propanodiol diacetato y el propileno 1,3 butanodiol diacetato.

Por una variación de esta reacción, se producen dienos a partir de olefinas con la adición de un átomo de carbono. Así el isopreno puede obtenerse con buenos rendimientos a partir del isobutano:



La condensación en fase líquida del formaldehído con propileno, catalizada por BF_3 o H_2SO_4 produce butadieno.

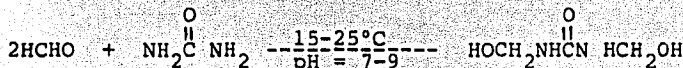
Cuando el formaldehído es calentado en presencia de aminas o sales de amonio en condiciones ácidas, se forman alquilaminas:



Con aminas insustituídas compuestos mono y dimetilol, relativamente estables se producen en condiciones neutras o alcalinas:



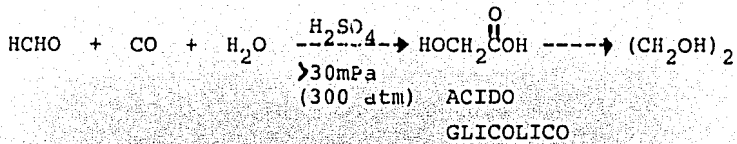
La Dimetilolurea, de bastante importancia comercial, se obtiene bajo condiciones controladas.



Bajo condiciones ácidas, las metilolureas pueden ser llevadas por condensación a resinas urea formaldehído.

Una mezcla de formaldehído, metanol y amoniaco sobre catalizador de sílica-aluminio a 500°C produce piridina y 3- picolina.

Desde que los petroquímicos han incrementado su costo rápidamente, el interes en la condensación de productos de formaldehído con gas (CO , H_2) tales como el etilenglicol ha aumentado:

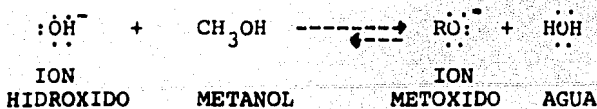


Metanol. Las reacciones del metanol, y en general de todos los alcoholes pueden clasificarse en dos grupos generales:

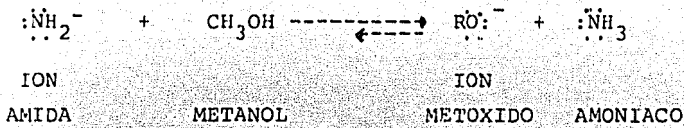
1. Aquellas reacciones en las que se lleva a cabo una ruptura del enlace O-H y
2. Aquellas en las que se rompe el enlace C-O.

Para estudiar las reacciones en las cuales se rompe el enlace O-H es importante recordar que el metanol es un ácido débil, ligeramente más débil que el agua pero mucho más fuertes que los alquinos terminales o el amoniaco, y por supuesto mucho más fuerte que los alcanos.

La base conjugada de todo alcohol, es un ión alcóxido, así la base conjugada del metanol es el ión metóxido que es una base más fuerte que el ión oxhidrilo. Esto significa que si se adiciona metanol a una solución acuosa de hidróxido de sodio, la posición del equilibrio de la reacción ácido-base favorecerá la formación de iones oxhidrilo y la formación de moléculas del alcohol.



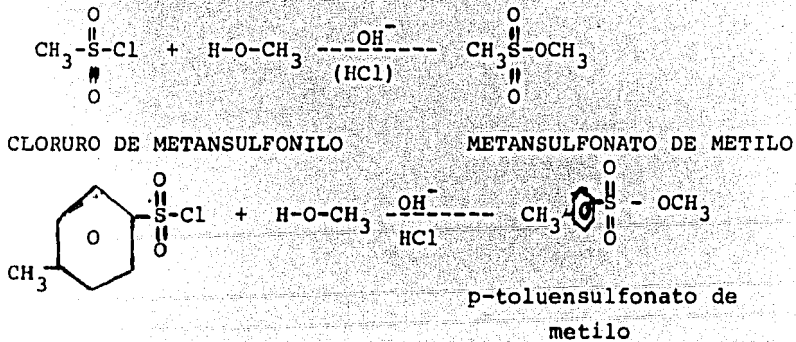
Por otra parte, puesto que el amoniaco es un ácido mucho más débil que un alcohol, el ión amida es una base más fuerte que el ión alcóxido. Si se adicionará metanol a una solución de amida de sodio en amonfaco líquido, la posición del equilibrio favorecerá la formación de iones metóxido y amoniaco:



En general, los alcoholes reaccionan con cloruros de ácido o anhídridos de ácidos para formar ésteres ácidos carboxílicos

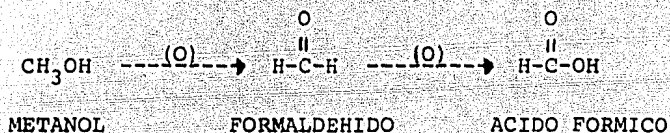


Los alcoholes también forman ésteres con ácidos inorgánicos. Por ejemplo, el metanol reacciona con el cloruro de metansulfonilo para formar metansulfonato de metilo y con el cloruro de p-toluensulfonilo para formar p-toluensulfonilo de metilo.



El metanol, y en general los alcoholes primarios, pueden ser oxidados a aldehídos y de aldehídos a ácidos carboxílicos. En general es difícil detener la oxidación

en la etapa del aldehído, sin embargo, una forma de hacerlo es eliminando el aldehído tan pronto como se forma. La oxidación del metanol produce formaldehído y si se lleva hasta ácido carboxílico, se produce ácido metanóico o fórmico.



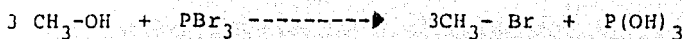
Entre las reacciones del metanol que implican la ruptura del enlace C-O se encuentran:

- Reacción con haluros de hidrógeno. Los alcoholes reaccionan con haluros de hidrógeno para formar haluros de alquilo.



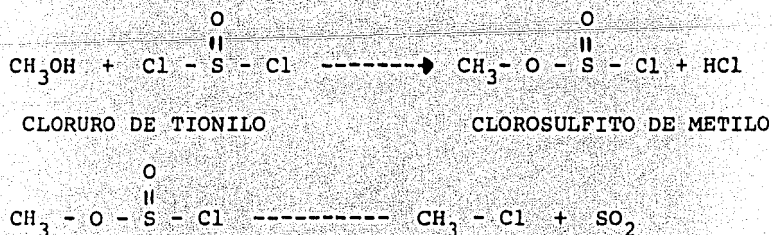
El orden de reactividad de los haluros de hidrógeno es HI > HBr > HCl, sin embargo, el metanol por ser un alcohol primario, es menos reactivo que otros alcoholes. La reacción con el HCl es difícil a menos que se adicione a la mezcla de reacción cloruro de zinc o algún ácido de Lewis similar que actúe como catalizador de la reacción formando un complejo con el alcohol por asociación con un par de electrones no compartido, lo cual debilita el enlace carbono-oxígeno y al ser atacado el ión cloruro se rompe formando el haluro de alquilo.

- Reacciones con haluros de fósforo y cloruro de tionilo. El metanol puede convertirse a haluros de metilo por acción de los haluros de fósforo PBr₃ y PCl₃.



• Ambas reacciones se verifican con la ruptura del enlace C-O. Sin embargo, a diferencia de las reacciones de los alcoholes con ácidos en las reacciones con haluros de fósforo no intervienen carbocationes y no se verifican con rearreglo del esqueleto de carbonos.

El cloruro de tionilo también puede utilizarse para obtener haluros de metilo. La primera etapa de la reacción es la formación de un éter sulfito, después el clorosulfito de metilo pierde SO_2 y se forma el cloruro de metilo; es en esta etapa en donde se rompe el enlace C-O.



II.3. Diagramas de Flujo.

Desde hace mucho tiempo el formaldehído se ha producido mediante la oxidación del metanol. Han existido otros procesos como fue la oxidación no catalítica en fase vapor de propano y butano o la oxidación del dimetil éter, pero ninguno es tan conveniente como el proceso de oxidación catalítica del metanol.

Existen dos procesos para la oxidación catalítica del metanol. El primero utiliza plata como catalizador y el segundo utiliza un catalizador metal-óxido. A continuación se hará una descripción de ambos procesos, aunque es importante señalar que el proceso seleccionado para este estudio, y sobre el cual se harán los balances de materia y energía será el de catalizador metal-óxido.

Proceso con catalizador de plata.-

La reacción que se lleva a cabo en el catalizador de plata se puede representar por:



Entre un 50 y un 60% del formaldehído se lleva a cabo por medio de la primera reacción que es una reacción exotérmica mientras que la segunda es una reacción endotérmica. Como subproductos de la reacción se forman monóxido y dióxido de carbono, formato de metilo y ácido fórmico. El rendimiento global es de un 86 a 90% (basado en el metanol).

La figura II-2 es un diagrama de flujo típico de una planta que utiliza plata como catalizador. Una mezcla de alimentación se forma inyectando aire en un tanque con

metano calentado mediante vapor de agua. La mezcla pasa a través de un sobrecalentador y luego a través de una cama de catalizador de cristales de plata. El producto se enfría rápidamente en un generador de vapor y luego en un enfriador por agua para luego ser alimentado a la torre de absorción. La mezcla de metanol, agua y formaldehído se condensa mediante agua en la parte inferior de la torre y la eliminación casi total del metanol restante y del formaldehído ocurre en la parte superior de la torre con agua de proceso a contracorriente. Los fondos de la torre de absorción se alimentan a una torre de destilación donde se remueve el metano para ser realimentado al reactor. La corriente de salida de la torre de destilación es generalmente enviada a una torre de intercambio iónico en donde se reduce la concentración de ácido fórmico. El producto contiene 55% de formaldehído y menos de 1% de metanol.

Generalmente, la cama catalítica es muy corta, (10 a 50 mm). El catalizador de plata tiene una vida de 3 a 8 meses y puede contaminarse fácilmente por trazas de metales de transición o azufre.

La reacción ocurre en condiciones esencialmente adiabáticas con una importante alza en la temperatura en la superficie del catalizador.

Debido a los altos costos de energía, la máxima conversión del metanol es deseable, eliminando la necesidad de una destilación para recuperar el metanol.

El gas residual que se obtiene en la torre de absorción contiene cerca de 20% mol de hidrógeno y tiene un valor neto de calor de 1970 kJ/m^3 .

La solución acuosa del formaldehído es corrosiva al fierro al carbón pero la fase vapor no lo es. Todas las partes del proceso en contacto con soluciones de formaldehído calientes deberán ser de aleaciones resistentes a la corrosión, tales como, acero inoxidable 316. Teóricamente,

el reactor y demás equipos corriente arriba pueden ser de acero al carbón pero se recomienda el uso de aleaciones.

Catalizador Metal-Oxido.-

El proceso para la fabricación de formaldehído mediante la oxidación de metanol utilizando un catalizador de pentóxido de vanadio, fue patentado en 1921, mientras que en 1933 se empezó a utilizar el catalizador óxido-molibdeno que se sigue utilizando actualmente.

En comparación con el proceso utilizando plata como catalizador, todo el formaldehído se produce a partir de la reacción exotérmica



a presión atmosférica y a una temperatura, es posible mediante un control adecuado de la temperatura, es posible obtener una conversión del metanol superior al 99%. Los subproductos que se forman en la reacción son monóxido de carbono, dimetil éter, y pequeñas cantidades de dióxido de carbono y ácido fórmico. El rendimiento total de la planta es generalmente de 88 a 91%.

La fig. II-3 es el diagrama de flujo de proceso para catalizador óxido-molibdeno, que seña el proceso que se utilizará para el estudio de seguridad de procesos y sobre el cual se harán los balances de materia y energía.

En este proceso el metanol es vaporizado y mezclado con aire y opcionalmente con el gas que se obtiene en la parte superior de la torre de absorción. Esta mezcla metanol-aire se pasa a través de unos tubos llenos del catalizador en un reactor con sistema de intercambio de calor. El calor que se extrae en el reactor se utiliza para la evaporación de un aceite térmico que pasa por la parte exterior de los tubos del reactor, posteriormente, este calor se utiliza para generar vapor de alta presión.

Un reactor típico para este proceso tiene tubos cortos de 1.0 a 1.5 m. de largo y el diámetro del reactor es de 2.3 m o más. El producto que se obtiene por el fondo del reactor es enfriado y alimentado en la base de la torre de absorción. La concentración del formaldehído en el producto se ajusta mediante la cantidad de agua que se adiciona en la parte superior de la torre. Es posible obtener producto con una concentración de formaldehído de un 55% y menos de 1% de metanol.

Una de las grandes ventajas de este proceso en comparación al de plata, es la eliminación de una torre de destilación para la recuperación del metanol. Sin embargo, el tamaño del equipo es mayor de tal manera que pueda manejar los volúmenes de gas. La mezcla aire-metanol, puede ser una mezcla explosiva, por lo que deberá tender a una concentración baja de metanol, sin embargo, este peligro disminuye cuando se recircula parte del gas que sale del absorbedor, a la mezcla aire-metanol.

La vida promedio de el catalizador metal-óxido, es de 12 a 18 meses. Comparado con la plata es mucho más tolerante a contaminarse con trazas de otros materiales. En general, requiere ser cambiado menos frecuentemente, pero cuando esto sucede el cambio es más tardado.

Una de las ventajas de este proceso es que al producirse todo el formaldehído a partir de la reacción exotérmica de oxidación, se libera una gran cantidad de calor con la cual es posible generar vapor de alta presión y vapor de baja presión, haciendo a la planta autosuficiente.

Los requerimientos de cuanto a materiales de construcción son básicamente los mismos que para el proceso con plata.

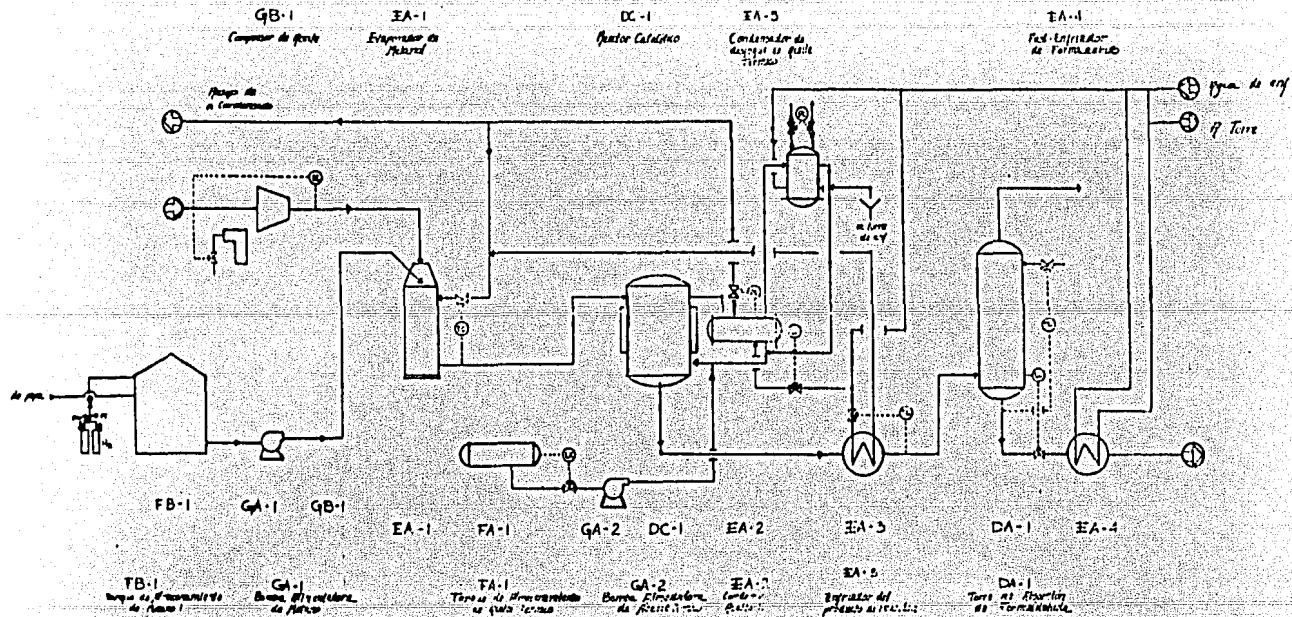


DIAGRAMA DE FLUJO DE
PROCESO

PROCESO PARA LA OBTENCION DE
FORMALDEHIDO A PARTIR DE
METANOL

LUIS D. HURTADO E.
JULIO/ 1986

II.3.2. Balance de Materia

Partiendo de que la planta produce 4500 Lb/hr de CHOH que se absorben en agua para dar un producto final de CHOH al 53.5%, tenemos que la corriente G que sale de la torre de absorción tiene un flujo total de:

$$G = 4500 \text{ Lb/hr CHOH} + \frac{(4500)}{(.535)} 4500 \text{ lb/hr H}_2\text{O}$$

$$G = 8411.2 \text{ lb/hr de CHOH al 53.5\%}$$

Balance de CHOH en la torre de absorción:

$$G = 4500 \text{ lb/hr} \times \frac{1 \text{ lbmol CHOH}}{30 \text{ lb CHOH}} = 150 \text{ lbmol CHOH/hr}$$

Suponiendo que se absorbe un 98% de CHOH

$$E = F + G$$

$$F = .02 E \quad \text{de donde} \quad E = 0.02 E + G$$

$$0.98 E = G \quad E = 150/.98 = 153.06 \text{ lbmol CHOH/hr}$$

$$F = 3.06 \text{ lbmol/hr}$$

Balance de CHOH en el reactor.

conversión = 95%

$$D = 0.95 C$$

$$D = E = 153.06 \text{ lbmol CHOH/hr}$$

$$C = \frac{153.06}{0.95} = 161.11 \text{ lbmol CHOH/hr}$$

Dada la reacción:



$$C = 161.11 \text{ lbmol CHOH/hr} \times 1 \text{ lbmol CH}_3\text{OH}/1 \text{ lbmol CHOH}$$

$$C = 161.11 \text{ lbmol CH}_3\text{OH}$$

Balance de O₂ en el reactor.

De la reacción



X = 80.56 lbmol O₂/hr

C = 161.11 lbmol CHOH/hr + 80.56 lbmol O₂/hr

C = 80.56 lbmol O₂/hr x 32 lb/lbmol O₂ = 2577.92 lb O₂/hr

Como el oxígeno para la reacción se obtiene del aire

Aire = 79% N₂ y 21% O₂

C = $\frac{2577.92 \cdot (.79)}{.21}$ lb N₂/hr = 9697.9 lb N₂/hr

Balance total en el reactor:

C = 5155.52 lb CH₃OH/hr + 9697.9 lb N₂/hr + 2577.92 lb O₂/hr

C = 17,431.34 lb/hr

D = 4591.8 lb CHOH/hr = 9697.9 lb N₂/hr =

2755.08 lb H₂O/hr + 128.89 lb O₂/hr +

257.78 lb CH₃OH/hr

D = 17431.45 lb/hr

C = D

B = 12,275.82 lb aire/hr

A = 5155.52 lb CH₃OH/hr

Balance total en el absorbedor

Balance de agua

E + I = F + G

E = D = 2755.08 lb H₂O/hr

De la base de cálculo inicial G = 3911.25 lb H₂O/hr

F = 0.02 (E + I)

I = F + G - E = 0.02E + 0.02I + 3911.25 - 2755.08

de donde $I = 1236.08 \text{ lb H}_2\text{O/hr}$

$$F = 0.02 (E + I) = 0.02 (2755.08 + 1236.02)$$

$$F = 79.82 \text{ lb H}_2\text{O/hr}$$

de donde el flujo total de F es:

$$F = 79.82 \text{ lb H}_2\text{O/hr} + 91.8 \text{ lb CHOH/hr} + 9697.9 \text{ lb N}_2\text{/hr} + \\ 128.89 \text{ lb O}_2\text{/hr} + 257.78 \text{ lb CH}_3\text{OH/hr}$$

$$F = 10,256.19 \text{ lb/hr}$$

$$G = 8411.21 \text{ lb/hr}$$

NOTA: Las corrientes S, T, U y V son sólo para control de la temperatura y presión en el reactor y en el condensador y no tienen efecto en el B.M.E.

II.3.3. Balance de Energía.-

Partiendo de que el flujo de las corrientes de entrada (C) y de salida (D) del reactor tienen un flujo de 17,431.74 lb/hr, de que la temperatura de entrada al reactor es de 212°F y la de salida es de 455°F; y sabiendo que para obtener esta temperatura es necesario utilizar 21,500 lb/hr de aceite térmico con un calor latente de vaporización de 82BTU/lb el balance de energía en el reactor es el siguiente:

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_1 + Q_2 \quad \text{donde}$$

Q_1 es el calor sensible necesario para elevar la temperatura de la mezcla en el reactor de 212°F a 455°F y,

Q_2 es el calor disipado por medio del aceite térmico.

$$Q_1 = W C_p (\text{mezcla}) (T_1 + T_2)$$

Cálculo del C_p de la mezcla.

Composición a la entrada:

$$\text{CH}_3\text{OH } 26.6\% \quad \text{N}_2 \text{ } 60.0\% \quad \text{O}_2 \text{ } 13.4\%$$

Utilizando los datos y el procedimiento utilizado por David Himmemblau (Principios Básicos de Ing. Química)

$$C_p = a + b t + c t^2 + d t^3$$

$$C_p = \begin{array}{r} .266 (8.192 + 1.02 \cdot 10^{-2} t + 0 - 2.078 \cdot 10^{-9} t^3) \\ .60 (6.919 + 0.13 \cdot 10^{-2} t - 0.023 \cdot 10^{-5} t^2 + 0 \\ \hline .134 (7.129 + 0.14 \cdot 10^{-2} t - 179.1 \cdot 10^{-5} t^2 + 0 \end{array}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

$$C_p = 7.286 + 0.493 - 24.01 - 0.001 = 5.377 \text{ BTU/lbmol } ^\circ\text{F}$$

de la misma forma a la salida

$$C_p = 7.859 + 0.949 - 61.99 - 0.07 = 53.189 \text{ BTU/lbmol } ^\circ\text{F}$$

Calculando los pesos moleculares promedio a la entrada y salida del reactor:

$$PM_{ent} = 0.266(32) + 0.6(28) + 0.134(32) = 29.6 \text{ lb/lbmol}$$

$$PM_{sal} = 0.23(30) + 0.522(28) + 0.23(18) + 0.006(32) + 0.012(32) = 26.232 \text{ lb/lbmol}$$

$$PM_{prom} \text{ en el reactor} = 27.916 \text{ lb/lbmol}$$

$$C_{pprom} \text{ en el reactor} = -23.906 \text{ BTU/hr}$$

$$C_p \text{ (mezcla)} = -23.906 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol } ^\circ\text{F}} \times \frac{\text{lbmol}}{27.916 \text{ lb}} = -0.856 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$Q_1 = 17431.45 \text{ lb/hr } (-0.856 \text{ BTU/lbmol } ^\circ\text{F}) (455 - 212^\circ\text{F})$$

$$Q_1 = 3,625,881.05 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_2 = w \lambda \text{ donde } \lambda = 82 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_2 = 21500 \text{ lb/hr } (82 \text{ BTU/hr}) = 1,763,000 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_T = 3,625,881.05 + 1,763,000 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_T = 5,388,881.05 \text{ BTU/hr}$$

Balance en el condensador de aceite térmico

La condensación del aceite térmico genera vapor saturado de alta presión (160 psia)

$$\lambda_{\text{vap sat}} = 859.47 \text{ BTU/hr}$$

160 psia

$$W_{\text{vap sat}} = Q/\lambda = 1,763,00 \text{ BTU/hr}/859.47 \text{ BTU/lb}$$

160 psia

$$W_{\text{vap sat}} = 2051.26 \text{ lb/hr}$$

160 psia

Balance en el enfriador a la salida del reactor

Se genera vapor saturado de baja presión.

$$\lambda_{\text{vap sat}} = 913.7 \text{ BTU/lb}$$

62 psia

El calor intercambiado en este equipo es

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

donde:

W es el flujo a la salida del reactor

C_p es la capacidad calorífica de la mezcla a la salida

T_1 la temperatura a la salida del intercambiador

T_2 la temperatura a la entrada del intercambiador.

$$Q = 17431.45 \text{ lb/hr (0.911 BTU/lb}^\circ\text{F) (455 - 302)}$$

$$Q = 2,429,647.79 \text{ BTU/hr}$$

Por lo tanto el vapor generado es:

$$w = Q/\lambda = 2,429,632.46 \text{ BTU/hr/ } 913.7 \text{ BTU/lb}$$

$$w = 2659.11 \text{ lb vapor sat. a 62 psia/hr}$$

Balance en el vaporizador de metanol

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q_1 = Calor necesario para vaporizar el metanol

Q_2 = Calor sensible necesario para elevar la temperatura del aire de 77 a 248°F.

$$Q_1 = w \lambda \quad \lambda = 460.0 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_1 = 4897.9 \text{ lb/hr (460.0 BTU/lb)}$$

$$Q_1 = 2,253,034 \text{ BTU/hr}$$

$$C_{p \text{ aire a } 73^\circ\text{C}} = 6.99 \text{ BTU/lbmol } ^\circ\text{F} =$$

$$Q_2 = 423.37 \text{ lbmol aire (6.99 BTU/lbmol}^\circ\text{F) (248-77)}$$

$$Q_2 = 505,930.39 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 2,253,034 \text{ BTU/hr} + 505,930.39 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 2,758,964.39 \text{ BTU/hr}$$

Por lo tanto se requiere de todo el vapor generado en el postenfriado del reactor y

$$w = (2,758,964.39 - 2,429,632.46) \text{ BTU/hr} / 859.47 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

$$w = 383.18 \text{ lb vap sat 160 psia/hr}$$

Balance en la torre de absorción.

Partiendo del dato de que la temperatura de salida de la torre de absorción es de 460°C el balance en el enfriador es:

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

en donde:

$W = 8411.2$ lb/hr de solución, dado que el peso molecular promedio de la solución es:

$$P.M. = 0.535(30) + (0.465)(18) = 24.2 \text{ lb/lbmol}$$

$$W = 347.57 \text{ lbmol/hr}$$

El C_p de la solución puede tomarse como aproximación el valor del C_p del agua. T_1 es la temperatura final del producto, 25°C.

$$Q = 347.57 \frac{\text{lbmol}}{\text{hr}} (1 \text{ BTU/lbmol}^\circ\text{F}) (860 - 77^\circ\text{F})$$

$$Q = 272,147.31 \text{ BTU/hr}$$

por lo que la cantidad de agua necesaria en el enfriador a una temperatura de entrada de 20°C y una temperatura de salida de 60°C es:

$$w = Q / C_p (t_2 - t_1)$$

$$w = 272,147 \text{ BTU/hr} / (1 \text{ BTU/lbmol}^\circ\text{F}) (140 - 77^\circ\text{F})$$

$$w = 4319.8 \text{ lbmol/hr} = 77,756.28 \text{ lb/hr}$$

FLUJOS DE LAS CORRIENTES EN PROCESO (lb/hr)

A = 5,155.52

B = 12,275.82

C = 17,431.45

D = 17,431.45

E = 17,431.45

F = 10,256.19

G = 8,411.21

H = 8,411.21

I = 1,236.08

J = 21,500.00

K = 21,500.00

L = 2,051.26

M = 383.18

N = 1,668.08

O = 2,659.11

P = 3,042.29

CAPITULO III. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS PARA EL PROCESO DE FORMALDEHIDO.

III.1. Generalidades.

El estudio de seguridad es uno de los puntos más importantes en el diseño de cualquier proceso. Es un análisis profundo y cuidadoso de todos y cada uno de los riesgos que se pueden presentar en cada uno de los equipos de dicho proceso.

El objetivo de este estudio, es evaluar y cuantificar cada uno de estos riesgos de tal forma, que se provea a todos los equipos con los dispositivos de seguridad adecuados. El estudio de seguridad es como un seguro que protege tanto al equipo como al personal que labora en la planta.

Un estudio de seguridad para cualquier proceso deberá contener la siguiente información:

- Diagramas de Flujo
- Hoja de datos químicos
- Hoja de evaluación y análisis de peligros para cada uno de los equipos de proceso.
- Diagramas de tuberías e Instrumentos
- Listado de dispositivos de seguridad.

Es claro que para realizar el estudio de seguridad de un proceso es necesario conocer las dimensiones y capacidades de todos los equipos y de todas las líneas del proceso.

Hoja de Datos Químicos.

La hoja de datos químicos es un resumen de las principales propiedades de cada una de las sustancias que participan en el proceso. En ella se indican propiedades tanto químicas como físicas y algunas de sus propiedades ante fuego. Todo esto es de gran importancia para poder evaluar los diferentes riesgos que se pueden presentar así como saber si en un momento dado se puede desfogar a la atmosfera o si el material en sí es un peligro.

La hoja de datos químicos generalmente contiene la siguiente información:

- Nombre de la sustancia
- Estado físico
- Cantidades aproximadas
- Punto de burbuja
- Rango de combustión
- Límite de flamabilidad
- Punto de ignición
- Peso molecular
- Punto de ebullición
- Punto de fusión
- Calor de vaporización
- Gravedad específica

Deberá contener también, información general sobre el proyecto (nombre, fecha, etc.) y sobre el originador.

Hoja de Evaluación de Análisis y Riesgos.

Las hojas de evaluación de riesgos de cada uno de los equipos de proceso son el resultado de analizar los peligros a los cuales está expuesto cada uno de ellos.

En estas hojas, se indican los peligros, el origen de estos y el dispositivo de seguridad que se utilizará para proteger el equipo. Deberá indicar, además, la M.P.P. y M.V.P. (cuando se requiera) de todos los equipos, así como la presión y la temperatura máxima que el peligro puede generar.

Para realizar el análisis de los peligros a los que está expuesto cada uno de los equipos, se recomienda considerarlo por separado y seguir los siguientes pasos:

- 1) Principiar por la parte superior del equipo y recorrerlo en el sentido de las manecillas de un reloj enlistando todas las entradas y salidas al y del equipo.

- 2) Al encontrar una entrada comparar;
 - al equipo le llega igual o mayor presión que la M.P.P.
 - de qué fuente (bomba, compresor, etc.)
- 3) Lista de materiales para cada peligro.
- 4) Máxima presión y temperatura de trabajo.
- 5) Repetir estos pasos evaluando posible riesgo de vacío.

Es importante considerar todos los riesgos que podrían presentarse simultáneamente como pueden ser;

- Ruptura de tubos en intercambiadores de calor de tipo tubos y coraza, de tuberías o fugas de estas o de los equipos mismos.
- Falla de instrumentación manual o automática. Es importante señalar que para efectos de seguridad de procesos las válvulas e instrumentos utilizados para control no son tomados en cuenta, así como tampoco las válvulas "check"
- Errores humanos.

De manera general deberán considerarse los siguientes peligros en cada uno de los equipos del proceso:

- 1) Fuego (causado por factores externos al equipo.)
- 2) Reacciones químicas que pueden generar calos o gases.
- 3) Transferencia de calor. El calor que entra al equipo genera sobrepresión, si sale puede generar vacío.
 - calentamiento de materiales
 - presión de vapor (vaporización)
 - expansión térmica de gases y líquidos
 - condensación de vapor
 - fusión y congelación.
- 4) Transferencia de masa. Si la transferencia es hacia adentro genera sobrepresión, si es hacia afuera genera vacío.
 - bombas
 - sopladores

- compresores
- transferencia por gravedad.

5) Servicios

- vapor
- nitrógeno
- aire comprimido
- agua

Es también importante señalar correctamente cual es el dispositivo de seguridad que se utilizará para proteger. No deberá utilizarse más de un dispositivo para cada peligro.

De ser posible, deberá indicarse también, la presión de ajuste de cada dispositivo así como el limitador de flujo y las áreas de alivio requeridas.

Diagramas de Tuberías e Instrumentos

Los diagramas de tuberías e instrumentos son el conjunto de diagramas en los cuales se incluye toda la información respecto al proceso, especificando los equipos, líneas, dispositivos, instrumentos y accesorios del proceso. Difiere del diagrama de flujo de proceso en que este último solo incluye las interconexiones de los equipos, instrumentación básica y los datos del balance de materia.

La especificación de equipos y tuberías deberá hacerse indicando la presión, temperatura, material, localización, dimensiones, etc. Para los dispositivos de seguridad se pueden utilizar banderas en las cuales se especifica el número del dispositivo, tipo, presión y temperatura de trabajo, peligro y acción protectora.

Para la identificación de líneas deberá indicarse:

- Diámetro
- Contenido de la tubería
- Número de línea
- Material de fabricación de la línea

- Presiones permisibles (M.P.P.)

Esto puede hacerse de la siguiente manera:

2" M 455 - 2 A

en donde se utilizan claves y códigos para cada uno de los conceptos mencionados.

Se recomienda también identificar las líneas por colores de la siguiente manera:

Azul	-	Agua para proceso
Rojo	-	Agua contra incendio
Verde	-	Aire
Gris	-	Producto
Amarillo	-	Oxígeno
Plateado	-	Vapor

Por último deberá contener los datos del proyecto, número de diagrama, estado del proyecto y los datos de la persona que lo elaboró.

III.2 Hoja de Datos Químicos para el Proceso de Formaldehído.

Como ya se indicó, la hoja de datos químicos es un resumen de las principales propiedades de las sustancias que se involucran en el proceso.

En el caso del proceso para la obtención de Formaldehído a partir de metanol utilizando catalizador de fierro, las sustancias involucradas son:

- metanol
- aire
- agua
- formaldehído

los subproductos de la reacción se presentan en muy pequeñas cantidades por lo que no es necesario considerarlos. En este caso la hoja de datos químicos solo incluirá metanol y formaldehído, ya que tanto el aire como el agua y el vapor no son materiales peligrosos.

HOJA DE DATOS QUIMICOS

No.	NOMBRE QUIMICO	EDO.	P.M.	CANT. lb/hr	FORMULA	PROPIEDADES CON FUEGO			PROPIEDADES FISICAS		
						FLASH.. POINT	RANGO COMB.	TEMP. IGN.	TEMP. EB.	TEMP. FUS.°F	SGR.
1	METANOL	LIQ.	32		CH ₃ OH	52°F	6-36%	850	147°F	-180.4	0.8153
2	FORMALDEHIDO	SOL.	30		CHOH	185	7-73%	806	214°F	-148.0	0.791

Es importante mencionar que el metanol puede formar una mezcla explosiva con el aire bajo determinadas condiciones por lo que se recomienda tomar precauciones, tales como atmósferas inertes en aquellos equipos donde pudiera existir dicha mezcla. La tabla No. nos muestra como quedaría la hoja de datos químicos para este proceso.

III.3 Análisis de Peligros para cada uno de los Equipos del Proceso de Formaldehído.

Antes de hacer cada una de las hojas de análisis de riesgos para cada uno de los equipos es importante señalar algunos puntos que se siguieron para realizar este análisis:

- 1) Dado que no es el objetivo de este trabajo el calcular y dimensionar cada uno de los equipos de los procesos, los valores de las M.P.P. de los equipos no fueron calculados sino tomados de un proceso típico para la obtención de formaldehído. En el caso de equipos tales como intercambiadores de calor, bombas y compresores, donde la M.P.P. es un dato proporcionado por el fabricante, se tomaron valores típicos para estos equipos utilizados en otros procesos similares.
- 2) Dado que por los mismos motivos no se especificaron ni se dimensionaron las líneas del proceso, no es posible calcular las áreas de alivio para cada uno de los dispositivos propuestos.

De acuerdo con esto, el presente estudio se limita a analizar los riesgos y peligros a los cuales están expuestos los equipos de este proceso y proponer el tipo de dispositivo requerido para cada peligro.

Los peligros más importantes de los que se debe cuidar este proceso son:

- sobrepresión en el reactor y equipos interconectados por aumento en la temperatura de reacción.
- formación de la mezcla explosiva metanol - aire .
- inflamación del metanol
- sobrepresión en equipos que operan con vapor de alta presión.

De manera general se puede decir que los materiales de construcción de los equipos son:

- Acero al carbón para todos aquellos equipos que se encuentran antes del reactor catalítico, es decir en donde no hay presencia de formaldehído, y
- Acero inoxidable para todos aquellos equipos en los cuales hay presencia de formaldehído.

MAXIMAS PRESIONES PERMISIBLES EN LOS EQUIPOS

Proyecto	<u>Planta de Formaldehído</u>	Nombre	<u>Luis Hurtado</u>
Fecha	<u>Julio/85</u>		
<u>Nombre del Equipo</u>	<u>Número</u>	<u>M.P.P. (Psig)</u>	<u>M.V.P. (psig)</u>
Almacenamiento de metanol	FB-1	0.084	0.084
Vaporizador de metanol	EA-1		
tubos		115	-----
coraza		115	15
Reactor catalítico	DC-1		
cuerpo		60	300
chaqueta		115	-----
Condensador de aceite	EA-2		
tubos		60	300
coraza		300	
Condensador del desfogue de aceite	EA-5		
tubos		300	-----
coraza		300	-----
Almacenamiento de Aceite	FA-1	50	-----
Bomba de aceite	GA-2	50	-----
Post-enfriador	EA-3		
tubos		50	-----
coraza		50	-----
Torre de absorción	DA-1	ATM.	ATM.
Enfriador de Producto	EA-4	50	-----

III.3.1 Discusión y Análisis de Riesgos.

Tanque de Almacenamiento de Metanol.

El Metanol, dentro de ciertos rangos de concentración, forma una mezcla explosiva con el aire, por lo cual es necesario crear una atmósfera inerte en el tanque inyectando Nitrógeno.

El tanque está protegido por una válvula de presión vacío ya que su presión de operación es muy baja y podría crearse vacío por la acción de la bomba GA-1.

Para prevenir posibles derrames el tanque deberá proveerse de un sobreflujo, el cual deberá ser sellado por ser el metanol un material altamente inflamable.

Vaporizador de Metanol.

Este equipo puede sufrir sobrepresión por la entrada de vapor a 75 psia, así como por la entrada de aire comprimido que proviene del compresor GB-1. Para proteger a este equipo es necesario colocar un disco de ruptura, ya que la presión de operación se encuentra entre un 67 y 99% de la M.P.P. El disco puede ser de aluminio y de perfil curvo ya que solo deberá soportar presión en un sentido.

Es necesario colocar una válvula de alivio en la línea de alimentación de vapor, para proteger contra sobrepresión debido a la mezcla de vapor de alta presión con vapor de media presión.

La condensación de vapor debido a cambios de temperatura no es peligrosa ya que el M.V.P. del equipo es adecuado.

Reactor Catalítico.

El reactor catalítico es uno de los equipos del proceso expuesto a un mayor número de riesgos. La reacción que se efectúa en él es altamente exotérmica por lo que cualquier falla en los sistemas de enfriamiento del reactor puede ocasionar que la temperatura se dispare sobrepresionando el sistema.

La presión en el reactor, y por lo tanto la temperatura está controlada mediante un condensador (EA-5) del desfoque del condensador de aceite, el cual mediante el controlador de presión admite o libera aire comprimido. Sin embargo, para efectos de seguridad estos controladores no son suficientes y el reactor y sus equipos de enfriamiento deberán estar provistos de dispositivos para aliviar sobrepresión.

El reactor puede sobrepresionarse por:

- Aumento en la temperatura de reacción.
- Falla de agua de enfriamiento.
- Entrada de la mezcla aire-metanol.

Para proteger el equipo deberá utilizarse un disco de ruptura que en caso de sobrepresión permita la mayor área de alivio. Puede utilizarse un disco de Inconel o Hastelloy con perfil, curvo.

El reactor es enfriado mediante una chaqueta de aceite térmico el cual se evapora y es condensado en EA-2 generando vapor de alta presión (160 psia.) la temperatura, y por lo tanto la presión, en la chaqueta pueden elevarse si la temperatura o la presión en el reactor se disparan. En la práctica, cuando sucede esto el disco de ruptura actúa inmediatamente por lo que la temperatura y la presión dentro de la chaqueta no rebasan los niveles permisibles.

Condensador de Aceite.

Este equipo deberá estar provisto de válvulas de alivio tanto en el espejo de tubos como en la coraza, ya que puede sufrir sobrepresión por:

- Aumento en la temperatura de reacción.
- Falla de agua de enfriamiento.

Los tubos deberán soportar un M.V.P. de 300 psig. ya que la presión que se puede generar en la coraza podría ocasionar que se rompan.

Condensador del Desfogue de Aceite.

Como ya se mencionó, la función de este equipo es controlar la temperatura y la presión en el sistema de reacción. Podría sobrepresionarse por aumento excesivo en la temperatura de reacción o por falla de agua de enfriamiento, por lo que deberá ser protegido mediante una válvula de alivio.

Almacenamiento de Aceite.

A pesar de que el sistema de enfriamiento en el reactor, a base de aceite térmico, es cerrado es necesario contar con un sistema de recuperación de aceite térmico.

El tanque de almacenamiento de este aceite está expuesto a sobrepresión debido al retorno de aceite caliente del sistema, por lo cual deberá estar provisto de una válvula de alivio.

No hay peligro de vacío ya que la presión de operación y el M.P.P. son suficientemente altos.

Bomba de Aceite.

Al igual que el tanque de almacenamiento de aceite, la bomba GA-2 está expuesta a sobrepresión por retorno de aceite caliente. Para proteger la bomba deberá colocarse una válvula de alivio en la descarga de la bomba.

Post-Enfriador.

Este enfriador podría sufrir sobrepresión por retorno de vapor de alta presión. Deberá instalarse una válvula de alivio para proteger a este equipo.

Además la línea de salida hacia la torre de absorción deberá estar libre de válvula para prevenir expansión térmica.

Torre de Absorción.

La absorción de formaldehído en agua es exotérmica y podría ocasionar un aumento de presión en la torre. Sin embargo, ésta se encuentra desfogando a la atmósfera lo que elimina ese peligro.

A la vez, este desfogue protege contra vacío que podría ocasionar la bomba de producto.

Enfriador de Producto.

La M.P.P. es suficiente para proteger a este equipo de posible sobrepresión.

Las siguientes precauciones deberán ser consideradas contra el posible riesgo de fuego:

- 1) FA-1
 - Switch de paro para bomba de alimentación de Metanol.
 - Equipo eléctrico a prueba de explosión.
 - Dique de 1.5 veces la capacidad del tanque con sistema de manejo de desechos a un lavador de agua o sistema de baja presión.
 - Arrestaflamas
 - Aterrizar el tanque.
- 2) Tuberías que manejan Metanol.
 - Mantenimiento preventivo a bombas y tuberías. (espesores).
 - Línea automática contra incendio que actúa con agua ligera AFFF (Acquous Film Forming Foam).
- 3) Reactor
 - Línea automática contra incendio.

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Bomba de Aceite
 Número del Equipo GA-2
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta Formaldehído
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo 50
 chaqueta _____

MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Almacenamiento de Aceite	Aceite	78	14.7	M.P.P. ok.	
2	Retorno de Aceite caliente	Aceite	750	95	Válvula de alivio	J

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Almacenamiento de Aceite

Número del Equipo FA-1

Diagrama de Flujo No. _____

Fecha Julio/85

Proyecto Planta de Formaldehído

Nombre Luis Hurtado

MPP cuerpo 50

chaqueta _____

MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Retorno de aceite del reactor	Aceite	750	95	Válvula de alivio	I

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Enfriador de producto
 Número del Equipo EA-4
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta Formaldehído
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo 50
 chaqueta 50

MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Falla de agua de enfriamiento	Formal-dehído	320	30	M.P.P. ok.	
2	Ruptura de tubos	Formal-de hído	320	30	M.P.P. ok.	

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Condensador de Aceite
 Número del Equipo EA-2
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta Formaldehído
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo 60
 chaqueta 300
 MVP Tubos 300

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
<u>CHAQUETA</u>						
1	Aumento en la presión por aumento en la temp. reactor	Aceite	750		Válvula de alivio	F
2	Bomba de agua	Agua	70	60	M.P.P. ok.	
3	Ruptura de tubos	Aceite	750	95	M.P.P. ok.	
<u>TUBOS</u>						
1	Aumento presión aceite	Aceite	750	95	M.P.P. ok.	
2	Falla de agua de enfriamiento	Aceite	750	95	Válvula de alivio	G

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Reactor Catalítico
 Número del Equipo DC-1
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta Formaldehído
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo 60 psig.
 chaqueta 30 psig.
 MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Aumento de la presión por aumento en la temperatura del reactor	Mezcla reaccionante			Disco de ruptura	E
2	Falla de agua de enfriamiento en el condensador de aceite	Mezcla reaccionante			Disco de ruptura	E
3	Entrada de la mezcla Aire-Metanol	Aire-Metanol	308	50	M.P.P. ok.	
	<u>CHAQUETA</u>					
1	Aumento de presión en la chaqueta por incremento de la temperatura de reacción	Aceite térmico	750	95	M.P.P. ok.	
2	Falla de agua de enfriamiento en el condensador de aceite	Aceite térmico	750	95	M.P.P. ok.	
3	Bomba de recuperación de aceite	Aceite térmico	78	40	M.P.P. ok.	

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Vaporizador de Metanol

Proyecto Planta Formaldehído

Número del Equipo EA-1

Nombre Luis Hurtado

Diagrama de Flujo No. _____

MPP cuerpo 115

Fecha Julio/85

chaqueta 115

MVP 15

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Entrada de vapor a 75 psig.	Vapor	308	75	Disco de ruptura	C
2	Mezcla de vapor de 62 psig. con vapor de 160 psig. en línea de entrada	Vapor	364	145	Válvula de alivio	D
3	Ruptura de los tubos	Metanol	350	100	M.P.P. ok.	
4	Aire del compresor	Aire	75	50	M.P.P. ok.	
5	Vapor condensado	Vapor			M.V.P. ok.	

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Almacenamiento de Metanol

Proyecto Planta de Formaldehico

Número del Equipo FB-1

Nombre Luis Hurtado

Diagrama de Flujo No. _____

MPP cuerpo 1.34 oz/in² = 0.084 Psig.

Fecha Julio/85

chaqueta _____

MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Suministro de pipa	Metanol	70°F	14.2	Válvula de presión vacío	A
2	Derrame sellado	Metanol	70°F	14.2	Sobreflujo	B
3	Línea de Nitrógeno	Nitrogeno	70°F	300	Válvula de presión vacío	A
4	Bomba GA-1	Metanol	70°F	-35		A

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Torre de Absorción
 Número del Equipo DA-1
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta Formaldehído
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo Atmosférica
 chaqueta _____
 MVP Atmosférica

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
1	Aumento en la temp. por absorción exotérmica	Mezcla Productos			Desfogue atmosférico.	M
2	Falla de agua de enfriamiento	Mezcla Productos			Desfogue atmosférico	M
3	Bomba GA-3	Formaldehído		vacío	Desfogue atmosférico	M

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Post-enfriador
 Número del Equipo EA-3
 Diagrama de Flujo No. _____
 Fecha Julio/85

Proyecto Planta
 Nombre Luis Hurtado
 MPP cuerpo 50
 chaqueta 50
 MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. No.</u>
	<u>CHAQUETA</u>					
1	Retorno de vapor de alta presión	Vapor de agua	364	145	Válvula de alivio	L
2	Ruptura de tubos	Formaldehído	302	30	M.P.P. ok.	
	<u>TUBOS</u>					
1	Formaldehído de DC-1	Formaldehído	302	30	M.P.P. ok.	
2	Expansión térmica	Formaldehído	302		Línea libre de válvulas.	L

HOJA DE EVALUACION Y ANALISIS DE PELIGROS

Nombre del Equipo Condensador del Desfogue de Aceite

Proyecto Planta Formaldehido

Número del Equipo EA-5

Nombre Luis Hurtado

Diagrama de Flujo No. _____

MPP cuerpo 300

Fecha Julio/85

chaqueta 300

MVP

<u>Peligro No.</u>	<u>Descripción del Peligro</u>	<u>Material</u>	<u>Temp. Max. °F.</u>	<u>Pres. Max. (Psig.)</u>	<u>Dispositivo Seg.</u>	<u>Disp. Ho.</u>
	<u>CHAQUETA</u>					
1	Aumento en la temperatura del reactor	Aceite	750	95	Válvula de alivio	H
2	Falla de agua de enfriamiento	Aceite	750	95	Válvula de alivio	H
3	Entrada de aire	Aire	78	50	M.P.P. ok.	
	<u>TUBOS</u>					
1	Ruptura de los tubos	Agua	78	60	M.P.P. ok.	

LISTADO DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Proyecto Planta de Formaldehído

Nombre: Luis Hurtado

Fecha Julio/85

<u>CODIGO</u>	<u>DISPOSITIVO DE SEGURIDAD</u>	<u>EQUIPO PROTEGIDO</u>
A	Válvula de presión vacío	FB-1
B	Sobreflujo	FB-1
C	Disco de ruptura	EA-1
D	Válvula de alivio	EA-1
E	Disco de ruptura	DC-1
F	Válvula de alivio	EA-2
G	Válvula de alivio	EA-2
H	Válvula de alivio	EA-5
I	Válvula de alivio	FA-1
J	Válvula de alivio	GA-2
K	Válvula de alivio	EA-3
L	Línea libre de válvulas	EA-3
M	Desfogue atmosférico	DA-1

Conclusión

Como ya se ha mencionado, el estudio de seguridad de proceso de una planta es uno de los puntos más importantes en el diseño de la misma. El estudio de seguridad protege la inversión realizada en cuanto a equipo y construcción de la planta así como la integridad física del personal que trabaja en la planta.

El estudio de seguridad deberá realizarse profunda y cuidadosamente, analizando todos y cada uno de los riesgos a los que pueden estar expuestos los equipos y líneas del proceso. Deberá al mismo tiempo ser una guía fácil y rápida para el Ingeniero de Seguridad en caso de que se presente algún incidente o que se requiera información sobre los riesgos a los que está expuesto el proceso o los dispositivos que lo protegen.

A pesar de la gran importancia y utilidad del estudio de seguridad de proceso, este deberá estar complementado por otros factores para poder asegurar que se trata de una planta segura. Estos factores son:

- a) Mantenimiento. De nada serviría un excelente estudio de seguridad de procesos si no se le diera mantenimiento a cada uno de los equipos y dispositivos de seguridad del proceso.

Este mantenimiento deberá incluir:

- Inspecciones preliminares (al instalar equipos y dispositivos)
- Inspecciones finales (al arrancar la planta)
- Inspecciones periódicas (cuando el proceso ya opera normalmente)
- Pruebas hidrostáticas a los equipos para conocer sus M.P.P.

Es obvio que el objetivo de este mantenimiento es asegurar que el dispositivo actuará cuando se presente el peligro.

- b) Entrenamientos: El personal que opera el proceso deberá conocer perfectamente como operar y mantener el equipo y los dispositivos de seguridad que conforman el proceso. Este entrenamiento deberá impartirse a operadores, supervisores y toda la gente relacionada con el manejo de equipo y del proceso, y deberá abarcar los siguientes puntos:
- 1) Instalaciones correctas e incorrectas del equipo.
 - 2) Inspecciones visuales y detección de actos, procedimientos, funcionamientos de equipo e instalaciones de inseguros.
 - 3) Manejo de materiales inflamables y corrosivos.
 - 4) Uso y limitaciones de operación del equipo.
 - 5) Qué, cómo y a quién reportar cualquier anomalía.

Programa de Seguridad Industrial.

El principal objetivo del programa de seguridad deberá ser el crear una verdadera conciencia de lo que es seguridad en todo el personal que labora en la planta.

El programa de seguridad industrial deberá establecer normas y procedimientos de seguridad y proveer al personal todo el equipo necesario para trabajar correctamente así como poder actuar en caso de que se presente algún incidente o accidente. Esto es, proporcionar el equipo de seguridad personal necesario, instalación de hidrantes y líneas para agua contra incendio, extinguidores, procedimientos tales como brigadas de emergencia, plan de evacuación, etc.

Es obvio que el programa de seguridad industrial deberá incluir también programas de entrenamiento continuo para el personal de la planta.

En conclusión la seguridad en una planta química depende de muchos factores en los cuales deben combinarse estudios técnicos profundos y entrenamiento adecuado que creen en el personal un verdadero interés por la operación segura de la planta.

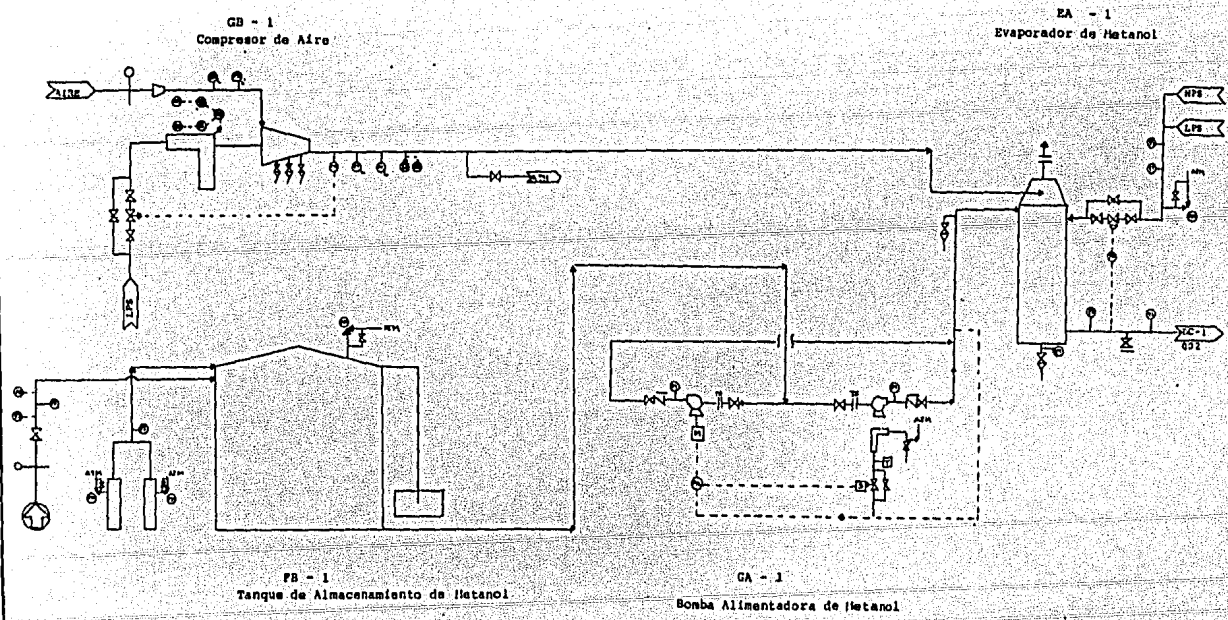


DIAGRAMA DE TUBERIAS E
INSTRUMENTOS
001

PROCESO PARA OBTENCION DE
FORMALDHIDO A PARTIR DE
METANOL

LUIS D. HURTADO ESPINOSA
JULIO/ 1986

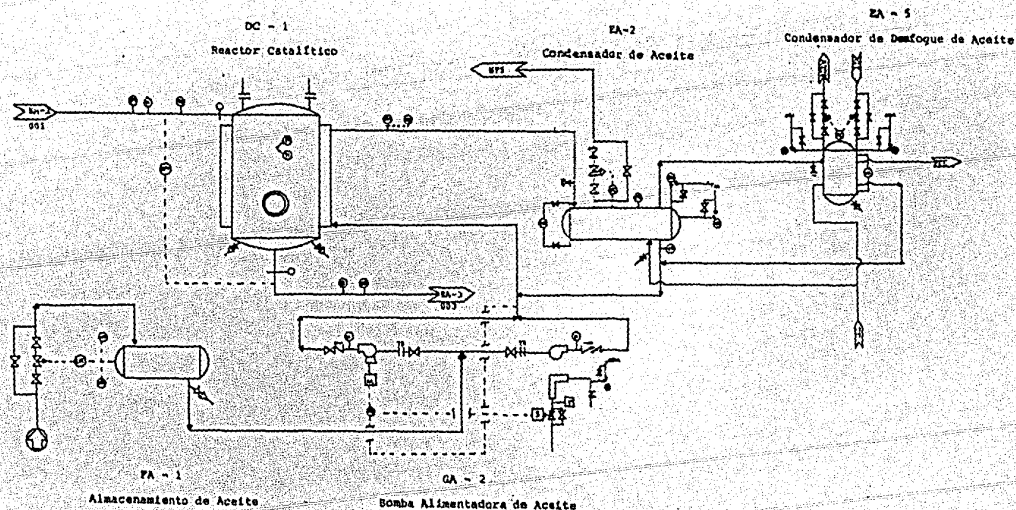


DIAGRAMA DE TUBERIAS E

INSTRUMENTOS

002

PROCESO PARA LA OBTENCION DE
FORMALDEHIDO A PARTIR DE
METANOL

LOIS D. HURTADO ESPINOSA

JULIO / 1986

DA - 1
Torre de Absorción de Formaldehído

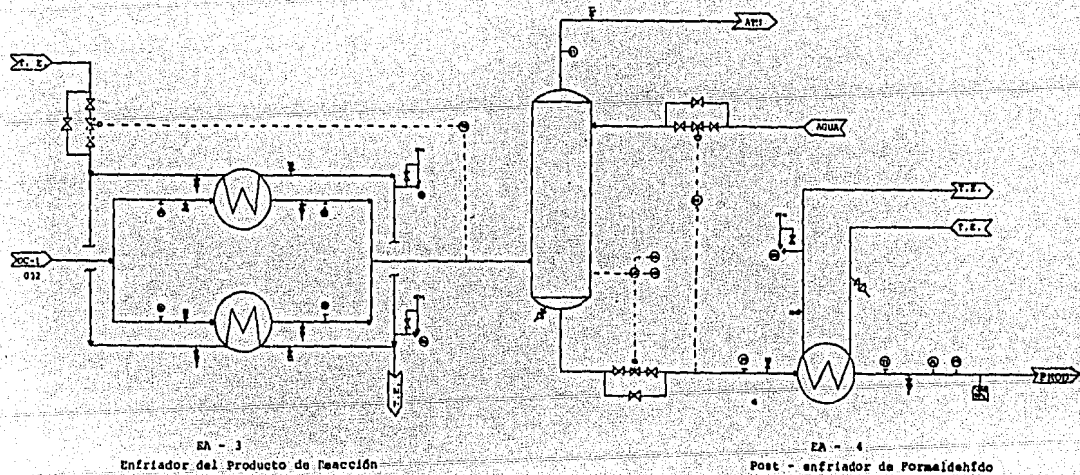


DIAGRAMA DE TUBERIAS E
INSTRUMENTOS
003

PROCESO PARA LA OBTENCION DE
FORMALDEHIDO A PARTIR DE
METANOL

LUIS D. HURTADO ESPINOSA

JULIO / 1986

BIBLIOGRAFIA

- Formaldehyde, J. Frederick Walker, Monograph Series # 159
Publicaciones Reinhold, 3a. edición, 1977.
- Applied Design for Chemical and Petrochemical Plants,
Ludwig.
- A.P.I. R.P. 520 - Part I.
- Fire Protection Guide on Hazardous Materials,
National Fire Protection Association, 7a. ed., 1978.
- Enciclopedia de Tecnología Química, Kirk & Ohmer.
- Chemical Engineers Handbook, Perry & Chilton Editors
Mc Graw Hill, 5a. edición.
- The Properties of Gases and Liquids, R. Reid, J.M. Puznitz
& T. Sherwood, Mc Graw Hill, 3a. edición, 1977.
- Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual
International Technical Information Institute, Japan,
1976.
- Fire Protection Hand Book, National Fire Protection
Association, Boston, Massachussets, 1976.
- Teledyne Farris Safety Relief Valves Catalog
No. FE - 80 - 108.
- Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química,
Himnblau David, CECSA, 1974, 1a. edición.
- Principios de Operaciones Unitarias, Foust A.S. et al,
CECSA, 1a. edición, 1979.
- BS & B Safety Systems General Catalog
Cat. No. 77 - 100, U.S.A.
- National Fire Association Technical Committee Reports
Chicago, U.S.A., 1977.