

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DISPOSITIVOS Y EQUIPO DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE FOSGENO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

FRANCISCO BONILLA GARCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. HIT. 2/6



QUIMICA

JURADO ASIGNA

PRESIDENTE	DR. RAMON VILCHIS ZIMBRON
VOCAL	ING. ERNESTO RIOS MONTERO
SECRETARIO	ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA
1er. SUPLENTE	ING. JORGE MARTINEZ MONTES
2o. SUPLENTE	ING. OSCAR E. RUIZ CARMONA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CIBA-GEIGY MEXICANA, S. A. DE C. V.

SUSTENTANTE: FRANCISCO BONILLA GARCIA

ASESOR: ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA

Con agradecimiento y cariño a mis padres,
Luis Bonilla y Remedios G. de Bonilla

A mis hermanos: José, Andrés, María Luisa,
Manuel, Mario, Gerardo y Antonio

A mi esposa, Mónica

QUIERO AGRADECER A CIBA-GEIGY MEXICANA, S.A. DE C.V. TODAS LAS FACILIDADES QUE SE ME BRINDARON, AL HABERME PERMITIDO DESARROLLAR EL TEMA DE TESIS DENTRO DE LA EMPRESA.

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

La tarea fundamental de quien presenta una Tesis radica, primeramente, en la selección cuidadosa y acertada del tema y, en segundo lugar, en el estudio profundo de éste, para poderlo desarrollar de una manera cabal, clara y concisa. Por lo tanto, en esta Tesis intentaré dar un enfoque del criterio del Ingeniero Químico hacia la Seguridad de opera-ción en áreas de trabajo donde se emplean productos peligrosos y tóxi-cos para el hombre. El producto de que hablaré en específico es el - Cloruro de Carbonilo o FOSGENO.

A medida que la tecnología y la automatización avanzan a grandes pasos en todos los países del mundo, se observa una reacción general defensiva en contra de los accidentes. Aunque la máquina y otras innovacio-nes han sido creadas con la idea de que presten un servicio al hombre, éstas pueden dañarlo y, a veces, hasta destruirlo. Igualmente sucede con las síntesis químicas de nuevos productos de cada vez mayor aplicación industrial.

El hombre, pues, a debido crear a través de los años, medidas de pro-tección para defenderse de los innumerables peligros que le acechan en el diario desempeño de sus labores. El árduo trabajo de Seguridad consiste en la constante e incansable búsqueda de técnicas y sistemas nuevos que ayuden a borrar toda probabilidad de accidente.

En nuestro país, la Secretaría de la Defensa Nacional expide un permiso para la utilización del FOSGENO dentro de las diferentes síntesis - químicas, el cual sólo es concedido, si la Planta Química ofrece el máximo de medidas preventivas y de Seguridad para el personal que opera con este producto. Este permiso es indispensable para poderlo importar.

Las personas dedicadas a la Seguridad en una empresa tienen encomenda-da una responsabilidad muy grande, ya que conocen los daños que los accidentes traen consigo y también las técnicas para evitarlos. A tra-vés de su esfuerzo y su dedicación se hará posible conservar la vida y la integridad de muchos trabajadores. De ellas depende la felicidad - de muchos hogares.

Todos debemos cooperar para producir, por medio de nuestro esfuerzo - conjunto, los beneficios óptimos de que la SEGURIDAD es capaz. El progreso, la economía y la industrialización de nuestro país se beneficiarán con ella.

I N D I C E

	<u>Página</u>
<u>INTRODUCCION</u>	
<u>CAPITULO I</u>	
DESCRIPCION DEL SISTEMA	1
1.1 Condiciones de Operación	1
1.2 Cabina de Fosgeno	2
1.3 Líneas de Fosgeno	3
1.4 Medición de Fosgeno	3
1.5 Dispersión de Fosgeno	4
1.6 Ventilación y Sistema de Lavado de Gases	4
1.7 Dispositivos y Medidas de Seguridad	5
<u>CAPITULO II</u>	
CALCULO DEL EQUIPO	7
2.1 Propiedades Físicas del Fosgeno	7
2.2 Cálculo Teórico del Caso Crítico de Fuga de Fosgeno	9
2.2.1 Cálculo de la Fuerza de Reacción de la Fuga	9
2.2.2 Cálculo de la Fuga de Fosgeno	10
2.2.3 Cálculo del Tiempo de Vaciado de un Cilindro de Fosgeno	11
2.2.4 Cálculo del Fosgeno Evaporado	11
2.2.5 Cálculo de la Capacidad del Ventilador	12
2.2.6 Cálculo de la Capacidad del Tanque de Sosa	13

2.2.7	Cálculo de Capacidad de la Bomba de Sosa	14
2.2.8	Cálculo de la Torre de Lavado de Gases	15
2.2.9	Resumen y Diagrama de Flujo	19
CAPITULO III	<u>SEGURIDAD DE OPERACION DEL AREA</u>	20
3.1	Procedimiento de Recepción de Cilindros de Fosgeno	20
3.2	Procedimiento de Instalación de Cilindros de Fosgeno	20
3.3	Procedimientos de Operación del Sistema	21
3.4	Procedimientos de Reposición de Cilindros de Fosgeno	23
3.5	Qué hacer en Caso de Fuga de Fosgeno	24
3.6	Procedimiento de Ataque a Fuga de Fosgeno en el Reactor debido a Fallas Mecánicas	24
3.7	Procedimiento de Ataque a Fuga de Fosgeno en las Conexiones de los Cilindros	25
3.8	Procedimiento de Ataque a Fuga de Fosgeno en la Tubería	25
CAPITULO IV	<u>CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFIA</u>	

CAPITULO I

"DESCRIPCION DEL SISTEMA"

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL SISTEMA

1.1 CONDICIONES DE OPERACION

Debido a las características de Reacción y necesidades de Operación se observarán las siguientes condiciones de Operación:

- a) La reacción se llevará a cabo en procesos intermitentes.
- b) La reacción se hará en fase líquida y bajo nivel.
- c) El Fosgeno se dispersará por medio de un agitador especial, colocado en un costado del fondo del Reactor de Fosgenación.
- d) El Fosgeno se alimentará en forma líquida directamente de cilindros con capacidad para 2 000 libras.
- e) La alimentación de Fosgeno se hará fluir bajo presión con Nitrógeno a 7 Kgs./Cm².
- f) La cantidad de Fosgeno alimentada, será registrada por una báscula.
- g) El Reactor de Fosgenación estará provisto de un sistema de extracción para eliminar el Fosgeno en forma de gas que no hubiere reaccionado y destruirlo, posteriormente, en una Torre de Lavado.
- h) La tubería de alimentación de Fosgeno estará enchaquetada, y dicha chaqueta estará conectada a un sistema de detección para conocer posibles fugas en la línea.
- j) Los cilindros de Fosgeno estarán localizados fuera del Edificio, en un lugar bien ventilado.

1.2 CABINA DE FOSGENO

- a) El Fosgeno a utilizarse estará en una pequeña Cabina localizada fuera del Edificio y en un lugar bien ventilado.
- b) La Cabina tendrá espacio suficiente para el manejo de dos cilindros.
- c) La Cabina estará dividida en dos cuartos; el primero contendrá:
 - 1.- Una báscula empotrada en el piso, con capacidad para dos cilindros de Fosgeno.
 - 2.- Un sistema de soportación para los cilindros de Fosgeno.
 - 3.- Un sistema de manejo consistente en un polipasto con capacidad para un cilindro de Fosgeno.
 - 4.- Cilindros de Nitrógeno para la presurización del Fosgeno.
 - 5.- Una puerta que permita el acceso a los cilindros de Fosgeno.

El otro cuarto de la Cabina será el de servicio, y contendrá:

- 1.- Las líneas de alimentación de Fosgeno y de Nitrógeno.
- 2.- Manómetros.
- 3.- Válvulas.
- 4.- Una Caja de Guantes.
- 5.- Una separación transparente con el exterior.

Los dos cuartos estarán separados entre sí por una pared con dos aberturas que permitirán el paso de las cabezas de los cilindros; dentro del cuarto de servicio los cilindros sellarán con la pared, por medio de empaques de caucho.

El trabajo en el cuarto de servicio se hará desde afuera a través de la Caja de Guantes.

- d) Ambos cuartos de la Cabina de Fosgeno se conectarán al sistema de extracción.

1.3 LINEAS DE FOSGENO

- a) La Línea de Fosgeno será de acero inoxidable 304 CD40 con un diámetro de 3/4 de pulgada.
- b) Las uniones de la Línea de Fosgeno serán soldadas.
- c) La Línea de Fosgeno dentro y fuera del Edificio de Producción estará dentro de una chaqueta hecha de acero al carbón.
- d) La unión entre la Línea de Fosgeno y los cilindros de Fosgeno se hará por medio de Líneas flexibles de teflón, recubiertas con una malla de acero inoxidable.
- e) La unión entre la Línea de Nitrógeno y los cilindros de Fosgeno se hará también por medio de Líneas flexibles de teflón, re cubiertas con una malla de acero inoxidable.
- f) Todas las válvulas de control estarán en una Caja de Guantes, cerca del Reactor de Fosgenación.

1.4 MEDICION DE FOSGENO

- a) El peso del Fosgeno se registrará en una báscula que se encuentra empotrada en el piso de la Cabina de Fosgeno; esta báscula tendrá una carátula adicional que estará localizada junto al Reactor de Fosgenación.
- b) El gasto de Fosgeno será conocido por el decremento de peso re gistrado en la báscula.
- c) La presión de Fosgeno se registrará por medio de Manómetros que estarán localizados en las dos Cajas de Guantes.

1.5 DISPERSION DE FOSGENO

El Fosgeno deberá introducirse al Reactor en forma líquida bajo nivel. El Fosgeno alimentado chocará contra un agitador lateral, el cual hará una dispersión primaria; una segunda dispersión se efectuará por el retromezclado originado por el agitador principal del Reactor.

1.6 VENTILACION Y SISTEMA DE LAVADO DE GASES

- a) La extracción de gases se hará por medio de un Ventilador conectado en la salida de la Torre de Lavado de Gases.
- b) Las Líneas de extracción se harán de fibra de vidrio con Poliéster.
- c) La Torre de Lavado se construirá también de fibra de vidrio con Poliéster.
- c) El empaque de la Torre de Lavado se hará con anillos Raschig.
- e) El Lavado de Gases se efectuará a contra-corriente, por medio de una solución de Sosa Cáustica.
- f) La solución de Sosa Cáustica se recirculará por medio de una bomba.
- g) Las siguientes partes del sistema estarán bajo extracción de gases y conectadas a la Torre de Lavado de Gases:
 - Cabina de Fosgeno: 1.- Cuarto de Servicio
2.- Cuarto de Manejo
 - Cabina de Instrumentación
 - Reactor de Fosgenación

1.7 DISPOSITIVOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

- a) La Cabina de Fosgeno se construirá en un lugar bien ventilado y fuera del Edificio donde se utilice el Fosgeno.
- b) Todos los equipos deberán estar conectados a una planta eléctrica de emergencia.
- c) La puerta de la Cabina de Fosgeno deberá abrir hacia afuera y deberá permanecer siempre cerrada previendo una posible fuga de Fosgeno.
- d) La puerta de la Cabina de Fosgeno deberá permitir el fácil y rápido acceso a los cilindros de Fosgeno.
- e) El área del cuarto de servicio deberá permitir el fácil manejo de los cilindros de Fosgeno.
- f) Todas las líneas deberán ser probadas a 14 Kg./cm².
- g) La chaqueta de la línea de Fosgeno estará conectada a un frasco que contendrá amoníaco para detectar posibles fugas en la línea.
- h) Los cilindros de Fosgeno estarán asegurados en sitios donde sea fácil cualquier maniobra.
- i) Deberá existir una completa separación entre los dos cuartos de la Cabina de Fosgeno.
- j) Se deberán tener a disposición del personal los siguientes equipos de seguridad:
 - 1.- Equipos de respiración autónoma (tanques de Oxígeno y aire).
 - 2.- Mascarillas con Canister.
- k) El cancel transparente de la Cabina de Fosgeno deberá estar protegido contra corrientes líquidas de Fosgeno.

- 1) Toda el área de la Cabina de Fosgeno estará drenada hacia un tanque de 1 000 lts.; las válvulas de la línea de llenado y venteo estarán localizadas fuera de la Cabina.
- m) Habrá botones de pánico localizados estratégicamente en el área del Sistema de Fosgeno.

Un botón de pánico estará cerca del cuarto de servicio, ya que es en éste donde existe la máxima posibilidad de ocurrir una catástrofe.

Las funciones del botón de pánico serán:

- 1.- Activar el sistema de alarma (Sirenas).
 - 2.- Bloquear la Línea de Fosgeno en cada terminal; el cuarto de servicio y el Reactor de Fosgenación (recipiente de expansión).
 - 3.- Bloquear el suministro de Nitrógeno a los cilindros de Fosgeno.
 - 4.- Aplicar toda la acción de ventilación al cuarto de servicio en la Cabina de Fosgeno y una ligera succión a todas las demás instalaciones.
- n) Un interruptor de nivel en el Reactor de Fosgeno actuará sobre una válvula operada neumáticamente, que bloqueará la entrada de Fosgeno.

Esto será para prevenir la inyección de Fosgeno a un Reactor vacío.

CAPITULO II

"CALCULO DE EQUIPO"

CAPITULO II

CALCULO DE EQUIPO

En el caso de existir una fuga de Fosgeno la ventilación y el sistema de lavado de gases deberán ser capaces de absorberla.

El peor caso de accidente que podría presentarse sería el derrame completo de un cilindro lleno de Fosgeno, causado por la ruptura de la - válvula más baja del cilindro (ver esquema del cilindro).

Para fines de cálculo se considerará el caso anterior, que es sumamente improbable pero, aún así, posible. En él, la línea de descarga de 3/4 de pulg. quedaría completamente libre. Por lo general, las rupturas ocurren en la mitad de la cuerda, dejando escapar menor cantidad de líquido.

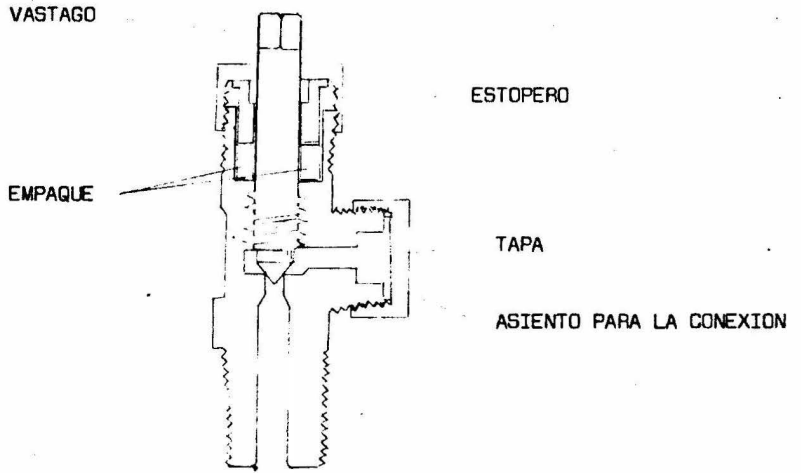
2.1 PROPIEDADES FISICAS DEL FOSGENO

Concentración Comercial	COCl ₂ - - - - -	99.0% (mín.)
	Cl ₂ (libre) - - - -	0.1% (máx.)
	HCl - - - - -	0.2% (máx.)
Estado Físico - - - - -	Es un gas a temperatura y presión normal; pero comercialmente es un gas licuado bajo presión y/o refrigeración.	
Punto de Ebullición - -	7.5 °C	
Color - - - - -	En forma de gas no tiene color, pero en forma líquida es amarillo claro.	
Corrosividad - - - - -	No es corrosivo, a menos que se encuentre en un ambiente húmedo, ya que reacciona con el agua produciendo ácido Clorhídrico y Dióxido de Carbono. El ácido Clorhídrico ataca el metal de los cilindros.	

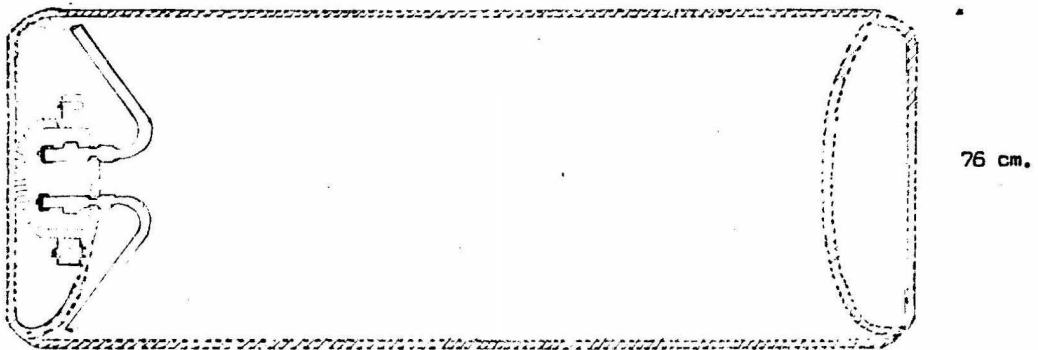
PROPIEDADES FISICAS DEL FOSGENO (Cont.)

Presión Crítica - - - - -	823 lb/pulg. ²
Temperatura Crítica - - - - -	-127.8°C
Densidad Específica (líquido) - - - - -	1 440 Kg/m ³ $\frac{19^{\circ}\text{C}}{4^{\circ}\text{C}}$
Densidad (gas) - - - - -	4.4 Kg/m ³ a 18°C
Densidad relativa (aire = 1) - - - - -	3.4
Punto de Inflamación - - - - -	No es inflamable
Calor de Descomposición - - - - -	1 544 Btu/libra
Calor de Vaporización - - - - -	58 Kcal/Kg. a 18°C
Higroscopicidad - - - - -	Reacciona con la humedad
Peso Molecular - - - - -	98.9
Calor Específico - - - - -	0.246 Kcal/Kg. °C
Presión de Vapor - - - - -	1 180 mm Hg. a 20°C
Viscosidad - - - - -	gas 0.011 cps a 20°C líquido 0.47 cps a 0°C
Olor - - - - -	Característico a maíz agrio
Soluble en - - - - -	Tetracloruro de Carbono Cloroformo Acido Acético Glacial Benceno Tolueno Clorobenceno

ESQUEMA DE LA VALVULA DEL CILINDRO



ESQUEMA DEL CUERPO DEL CILINDRO



207 cm.

2.2 CALCULO TEORICO DEL CASO CRITICO DE FUGA DE FOSGENO.

2.2.1 Cálculo de la fuerza de reacción de la fuga. Cilindro de Fosgeno.



F = fuerza de la reacción en Newtons

c = velocidad de la corriente de Fosgeno en m/seg.

p = presión igual a 7 Kgs./cm.2

h = altura equivalente en metros

ρ = densidad del Fosgeno igual a 1440 Kgs./m.3

g = aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/seg.2

L = masa de Fosgeno líquido en Kgs./seg.

G = volumen de Fosgeno líquido en m.3/seg.

d = diámetro de la válvula (3/4")

3/4" = 0.019 m

$$c = \sqrt{2 g h}$$

$$p = h \rho$$

$$h = \frac{p}{\rho}$$

$$h = \frac{7 \cdot 10^4}{1440} = 48.61 \text{ metros}$$

$$c = \sqrt{2 \times 9.81 \times 48.6 \text{ m}^2/\text{seg.}^2}$$

$$c = \sqrt{952 \text{ m}^2/\text{seg.}^2}$$

$$c = \underline{\underline{30.8 \text{ m/seg.}}}$$

REACCION SOBRE EL CILINDRO

$$L = \frac{\pi d^2}{4} c \rho$$

$$F = L c$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} c^2 \rho$$

$$F = \frac{\pi (1.9 \times 10^{-2})^2}{4} \times 30.8^2 \times 1.44 \times 10^3$$

$$F = 2.84 \times 952 \times 1.44 \times 10^{-1}$$

$$F = 389 \text{ Newtons}$$

$$F = 389 / 9.81$$

$$F = \underline{\underline{39.7 \text{ Kp}}}$$

Los cilindros deberán colocarse en lugares donde se controle la reacción F.

2.2.2 CALCULO DE LA FUGA DE FOSGENO

Flujo de Fosgeno Líquido

$$L = \frac{\pi d^2}{4} c \rho$$

$$L = 2.84 \times 30.8 \times 1.44 \times 10^{-1}$$

$$L = 12.6 \text{ Kg/seg.}$$

$$G = L / \rho$$

$$G = 12.6/1440 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$G = 0.00875 \text{ m}^3/\text{seg.} \quad (8.75 \text{ Lts./seg. })$$

2.2.3 CALCULO DEL TIEMPO DE VACIADO DE UN CILINDRO DE FOSGENO

Considerando el peso total de Fosgeno de un cilindro de 2 000 libras, el tiempo para vaciarse totalmente será:

$$t = \frac{G_f}{L}$$

$$G_f = 2\ 000 \times 0.46 = 920 \text{ Kg. de Fosgeno}$$

$$L = 12.6 \text{ Kg/seg}$$

$$t = 920/12.6 = 73 \text{ seg.}$$

$$t = 1 \text{ minuto } 13 \text{ seg.}$$

2.2.4 CALCULO DEL FOSGENO EVAPORADO

Una parte del Fosgeno del cilindro fluirá hacia el tanque de 1 000 lts. en forma líquida y la otra se evaporará instantáneamente. (Ver diagrama de flujo plano # 1).

Estimación de la parte evaporada

Se considerará que el calor necesario para la evaporación del Fosgeno será tomado del medio ambiente, enfriando éste hasta la temperatura de evaporación del Fosgeno.

G_v = cantidad de Fosgeno evaporado en Kg.

λ_v = calor específico de vaporización del Fosgeno en Kcal/Kg.

G_f = cantidad total de Fosgeno en Kg.

c_p = calor específico del Fosgeno en Kcal/Kg. °C

ΔT = diferencia de temperatura en °C

T_i = temperatura ambiente = 30°C

T_2 = temperatura de vaporización = 7.5 °C

$\Delta T = T_1 - T_2 = 30 - 7.5 = 22.5 \text{ °C}$

$\lambda_v = 58 \text{ Kcal/Kg. a } 18^\circ\text{C (promedio entre } 30 \text{ y } 7.5^\circ\text{C)}$

$c_p = 0.246 \text{ Kcal/Kg. } ^\circ\text{C a } 18^\circ\text{C}$

BALANCE DE CALOR

$$G_v \lambda_v = G_f \text{ cp } \Delta T$$

$$\frac{G_v}{G_f} = \frac{\text{cp } \Delta T}{\lambda_v}$$

$$\frac{G_v}{G_f} = \frac{0.246}{58} \times 22.5$$

$$\frac{G_v}{G_f} = 0.0955$$

Esto quiere decir que, aproximadamente, la décima parte del Fosgeno se evapora instantáneamente, por lo tanto produce una carga repentina de:

$$G_v = 2\ 000 \times 0.46 \times 0.0955 \text{ Kg. de Fosgeno evaporado}$$

$$G_v = 87.86 \text{ Kg. de Fosgeno evaporado}$$

$$G_v = \frac{87.86}{73} = 1.203 \text{ Kg. de Fosgeno por segundo}$$

2.2.5 CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL VENTILADOR

$$\rho_{\text{COCl}_2} (\text{gas}) = 4.4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{capacidad del ventilador} = \frac{1.203}{4.4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

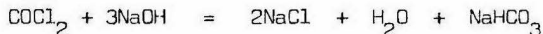
$$\underline{\underline{\text{capacidad del ventilador} = 0.273 \text{ m}^3/\text{seg.}}}$$

2.2.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE DE SOSA

La capacidad del tanque de Sosa, que estará alimentando la torre del Scrubber, deberá ser suficiente para poder contener la Sosa necesaria para destruir todo el contenido de un cilindro de Fosgeno; un cilindro de Fosgeno contiene 2 000 libras, ó sea 920 Kg.

La neutralización es eficiente, cuando la concentración de la Sosa está entre el 10% y el 30%; para fines de - cálculo se tomará el promedio de concentraciones, ó sea el 20%.

De la relación estequiométrica



98.9 120

Para neutralizar 98.9 Kg. de Fosgeno, se necesitan 120 Kg. de Sosa al 100%, por lo tanto para neutralizar 920 Kg. de Fosgeno, se necesitan:

$$\frac{920 \times 120}{98.9} = 1116.2 \text{ Kg. de NaOH al } 100\%$$

$$G \text{ NaOH } 20\% = \frac{744.2 \times 100}{20} = 5581 \text{ Kg. de Sosa al } 20\%$$

$$\rho \text{ NaOH } 20\% = 1.23$$

$$\text{Capacidad del tanque} = \frac{5581}{1.23} = 4537 \text{ litros}$$

Se tomará un volumen de 4 500 litros.

2.2.7 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA DE SOSA

Para la alimentación de Sosa en la torre del Scrubber se necesitará una bomba cuya capacidad estará determinada por el flujo de Fosgeno que entrará en la torre.

El flujo calculado de Fosgeno (Página 12) fue de 1.203 Kg. de Fosgeno por segundo y, de acuerdo a la relación estequiométrica en donde por cada 98.9 Kg. de Fosgeno se necesitan 120 Kg. de Sosa al 100%, la capacidad de la bomba será:

$$G_{\text{Bomba}}^{\text{L}} = \frac{1.203 \times 120 \times 100}{98.9 \times 20} = 7.29 \text{ Kg./seg NaOH } 20\%$$

Tomando un exceso de 10% tendremos:

$$G_{\text{Bomba}}^{\text{L}} = 7.29 \times 1.1 = 8.02 \text{ Kg./seg}$$

$$\rho_{\text{NaOH } 20\%} = 1.23 \text{ Kg./lt.}$$

$$G_{\text{Bomba}}^{\text{L}} = \frac{8.02 \text{ Kg./seg}}{1.23 \text{ Kg./lt.}} = 6.52 \text{ lts./seg.}$$

2.2.8 CALCULO DE LA TORRE DE LAVADO DE GASES

Dimensiones del aparato

En la determinación de las dimensiones de la torre para efectuar la absorción, se calculará por separado la Sección Normal y la Altura.

Todos los métodos disponibles para este fin son estrictamente empíricos y dependerán de la disposición interna del aparato.

La Sección Normal de la torre empacada, se calculará a partir de la velocidad de inundación; aunque la cinética de los procesos no dependa directamente de estas magnitudes, el área de la Sección Normal determina la velocidad lineal de los fluidos.

Como es bien sabido, la operación de torres empacadas no es práctica por encima del punto de carga y, en aras de la Simplicidad y Seguridad, se seguirá el criterio de Colburn para el diseño de torres empacadas, utilizando un 75 % de la velocidad de inundación del gas para el gasto esperado de líquido. Este diseño asegurará una operación estable, por abajo del punto de carga y proporcionará un humedecimiento en toda la superficie del empaque.

DATOS

$$\rho_v = 4.4 \text{ g/lt} = \frac{4.4 \times 28.3}{453} = 0.274 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_L = 1.23 \text{ Kg/lt} = \frac{1230 \times 28.3}{453} = 76.84 \text{ lb/ft}^3$$

NaOH 20%

$$\mu_L = 14 \text{ Centipoise}$$

NaOH 20%

$$G_c = 4.17 \times 10^8 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{lb} \cdot \text{hr}^2}$$

Para anillos Raschig en cerámica de 1" tenemos

$$A_v = 58 \text{ ft}^2/\text{ft}^3 \quad \epsilon = 0.73$$

$$G_v = 1.203 \text{ Kg/seg de Fosgeno}$$

$$G_l = 8.02 \text{ Kg/seg de Sosa 20 \%}$$

$$\frac{G_l}{G_v} = \frac{8.02}{1.203} = 6.66$$

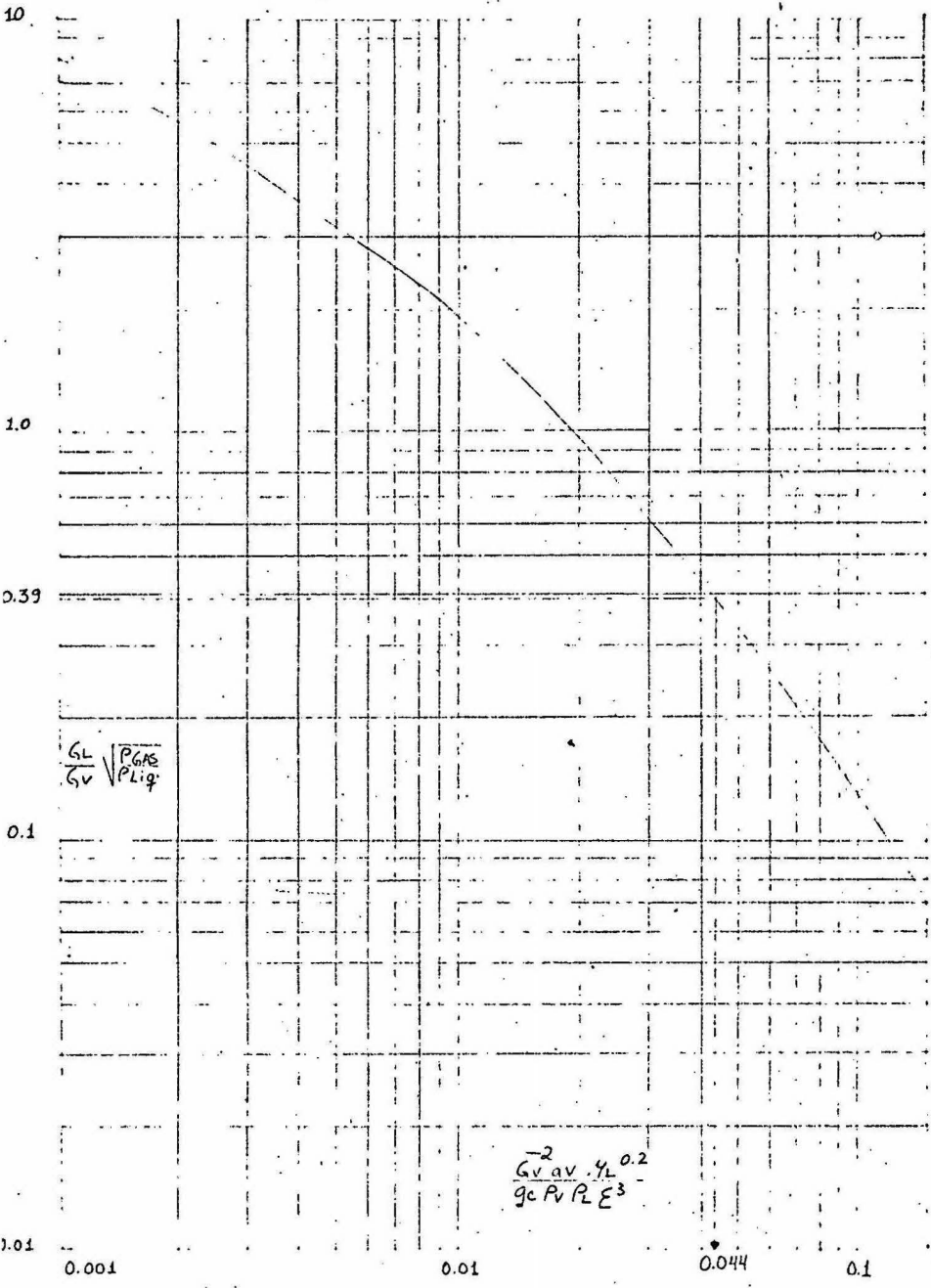
ECUACIONES

$$\frac{G_l}{G_v} \sqrt{\frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{liq}}}} = 6.66 \sqrt{\frac{0.274}{76.84}} = 0.39$$

DE LA GRAFICA

$$\frac{G_v^{-2} \left(\frac{a_v}{\epsilon^3}\right) (\mu_L)^{0.2}}{g \rho_v \rho_l} = 0.044$$

$$g \rho_v \rho_l$$



$$\overline{Gv} = \sqrt{\frac{0.044 \times 4.17 \times 10^8 \times (.73)^3 \times 76.84 \times 0.274}{58 \times (14) \times 0.2}}$$

$$\overline{Gv} = \sqrt{1,532,600}$$

$$\overline{Gv} = 1238 \text{ lb/hr ft}^2$$

La torre se diseñará con un 75% de la velocidad de inundación, ó sea:

$$\overline{Gv} = 0.75 \times 1238 = 928 \text{ lb / hr ft}^2$$

La sección transversal de la torre será :

$$S = \frac{Gv}{\overline{Gv}} \quad Gv = 1.203 \text{ kg/seg} = \frac{1.203 \times 3600}{0.453} = 9560 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

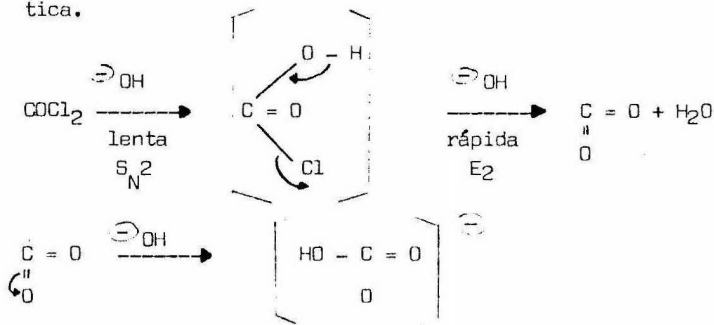
$$S = \frac{9560 \text{ lb / hr}}{928 \text{ lb/hr-ft}^2} = 10.3 \text{ ft}^2 = 0.94 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{10.3 \times 4}{3.1416}} = 3.62$$

$$\text{Diámetro} = 3.62 \times 0.305 = 1.10 \text{ M}$$

CALCULO EXPERIMENTAL DE LA ALTURA DEL EMPAQUE DE LA TORRE

El siguiente mecanismo de reacción que se propone para la absorción con reacción química del Fosgeno con Sosa Cáustica involucra una reacción de 2o. y/6 3er. orden, por lo que sería muy difícil establecer correlaciones teóricas de la velocidad de reacción; por lo tanto, se ha calculado experimentalmente que un tiempo de residencia de 8 segundos es suficiente para la destrucción del Fosgeno con Sosa Cáustica.



$S = 0.94 \text{ m}^2$ Sección normal de la torre

$T_r = 8 \text{ seg.}$ Tiempo de residencia

V_t Volumen de la torre empacada

$C = 0.6$ Coeficiente del volumen libre de la torre

$V = 0.273 \frac{\text{m}^3}{\text{seg.}}$ Velocidad del gas

$H =$ Altura de empaque

$$V_t \times C = T_r V$$

$$V_t = \frac{T_r V}{C} = \frac{8 \times 0.273}{0.6} = 3.63 \text{ m}^3$$

$$H = \frac{V_t}{\text{sección}} = \frac{3.63}{0.94} = 3.86 \text{ metros}$$

2.2.9 RESUMEN

F = 389 Newtons Fuerza de la reacción

G = 8.75 $\frac{\text{Lts.}}{\text{seg.}}$ Velocidad del Fosgeno líquido

T = 1 minuto 13 seg. Tiempo de vaciado del cilindro

Gv = 1.203 Kgs./seg. Velocidad del Fosgeno evaporado

V = 0.273 $\frac{\text{M}^3}{\text{seg.}}$ Capacidad del ventilador

Capacidad del tanque de Sosa 4,500 Lts.

G_{Bomba} = 6.52 Lts./seg. Gasto de la Bomba de Sosa

Diámetro de la torre = 1.1 metros

Altura del empaque = 3.86 metros

Para garantizar el humedecimiento del empaque, ya que el líquido tiende a bajar por las paredes de la torre y el gas a subir por el centro, la altura empacada tendría a la mitad una redistribución de Sosa Cáustica.

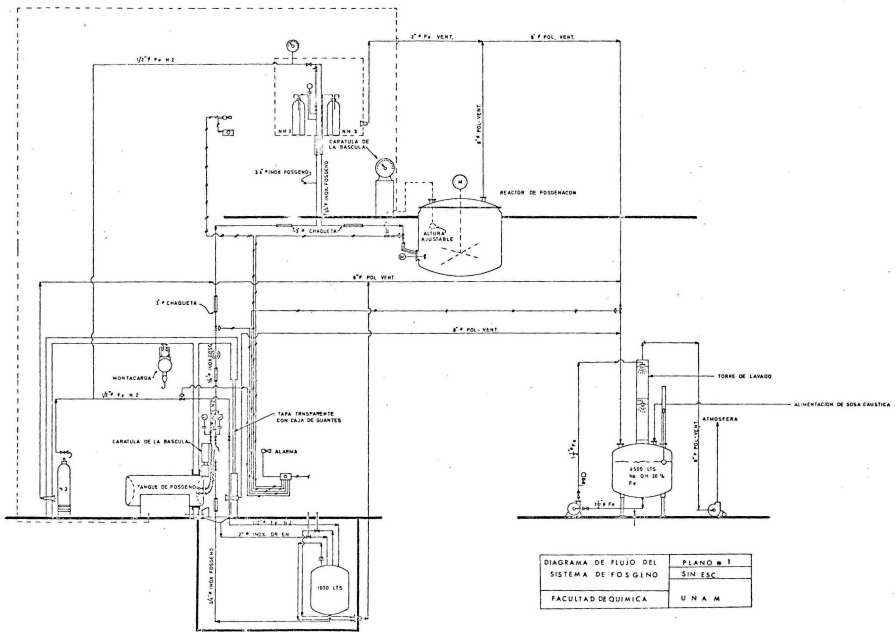


DIAGRAMA DE FLUJO DEL	PLANO # 1
SISTEMA DE FOSSEADO	SIN ESC.
FACULTAD DE QUIMICA	U N A M

CAPITULO III

"SEGURIDAD DE OPERACION DEL AREA"

CAPITULO III

SEGURIDAD DE OPERACION DEL AREA

3.1 PROCEDIMIENTO DE RECEPCION DE CILINDROS DE FOSGENO

- a) Se colocará el camión que transporta los cilindros bajo el polipasto, con el fin de que se pueda maniobrar con facilidad.
- b) Se inspeccionará la tapa protectora de los cilindros de Fosgeno antes de moverlos.
- c) Se colocarán los ganchos de las cadenas del polipasto en los cables de acero que sostienen el cilindro de Fosgeno.
- d) Se trasladarán los cilindros de Fosgeno hasta las bases sustentadoras de los mismos por medio del polipasto, cuidando que no se golpeen.

3.2 PROCEDIMIENTO DE INSTALACION DE CILINDROS DE FOSGENO

- a) La instalación de los cilindros de Fosgeno sólo se hará durante el primer turno, bajo condiciones de supervisión.
- b) Se quitará la primera capucha de protección al cilindro, con el cual se va a trabajar.
- c) Se revisarán las condiciones de las válvulas.
- d) Se conectará la extracción y se hará funcionar la bomba de la solución de lavado.
- e) Se trasladará el cilindro de Fosgeno con el polipasto de la base sustentadora a la base de la báscula, cuidando que queden colocadas las válvulas en posición vertical.
- f) Se cerrarán las puertas del cuarto de almacenamiento.

- g) A través de la Caja de Guantes se quitarán las siguientes dos capuchas de protección al cilindro de Fosgeno.
- h) Se conectará tanto la manguera de Nitrógeno como la de descarga de Fosgeno, cuidando que las conexiones no se inviertan, es decir vigilando que la línea de Nitrógeno sea conectada en la válvula superior y la de descarga de Fosgeno en la inferior.

NOTA: Se deberá tener siempre un porrón de amoníaco al 25% dentro de la Cabina de Fosgeno, para cualquier eventualidad.

3.3 PROCEDIMIENTOS DE OPERACION DEL SISTEMA

3.3.1 CHEQUEOS PREVIOS

Antes de iniciar la Fosgenación deberán efectuarse los siguientes chequeos:

- a) Se revisarán los siguientes equipos de seguridad:
 - 1.- Tanques de aire
 - 2.- Mascarillas contra gases
 - 3.- Canister
- b) Se revisará en los frascos receptores de amoníaco:
 - 1.- El nivel de solución.
 - 2.- Concentración de la solución (25%).
- c) Se revisará la presión de aire de instrumentos para la operación de las válvulas neumáticas.
- d) Se revisará que todas las válvulas del sistema estén cerradas.
- e) Se revisará que las interconexiones estén correctas y no fuguen; para detectar fugas en las interconexiones se utilizará Nitrógeno.
- f) Se revisará el nivel del Reactor de Fosgenación.
- g) Se revisará que las válvulas del tanque hundido para derrames estén abiertas.

- h) Se revisará en el tanque de Sosa el nivel de la solución, así como la concentración que deberá ser - 20 % .
- 3.3.2 Se pondrá a funcionar la extracción del Reactor.
- 3.3.3 Se pondrá a funcionar la bomba dosificadora de la solución de Sosa al 20 %, checando su buen funcionamiento.
- 3.3.4 Se abrirá la alimentación de Nitrógeno para presurizar el el cilindro de Fosgeno, checando la presión manométrica que deberá ser 7 Kg./Cm².
- 3.3.5 Se abrirá la válvula de alimentación del Fosgeno al sistema. (Esta válvula se encontrará en la Caja de Guantes de la caseta de almacenamiento del Fosgeno).
- 3.3.6 Se checará que los detectores no indiquen alguna fuga de Fosgeno.
- 3.3.7 Se controlará el peso que registra la báscula de Fosgeno.
- 3.3.8 Se hará funcionar el predispersador y el agitador del Reactor a las revoluciones que establece la reseña de fabricación.
- 3.3.9 Se abrirá la válvula principal de alimentación de Fosgeno que se encontrará en la Caja de Guantes del Reactor.
- 3.3.10 Se irá abriendo lentamente la válvula de aguja dosificadora del Fosgeno (que se encuentra en la Caja de Guantes del Reactor) controlando la velocidad de fosgenación por decremento de peso en intervalos de tiempo, según la velocidad que establece la reseña de fabricación.
- 3.3.11 Se llevará a cabo completamente la fosgenación.
- 3.3.12 Al terminar la fosgenación se cortará la entrada de Fosgeno, cerrando la válvula principal.

- 3.3.13 Se barrerá la línea con Nitrógeno (abriendo la válvula de Nitrógeno colocada en la Caja de Guantes) por lo menos durante 15 minutos.
- 3.3.14 Se cerrará la válvula de alimentación de Nitrógeno sobre el cilindro de Fosgenación y, una vez realizado esto, se cerrará la válvula de alimentación del Fosgeno al sistema.

3.4 PROCEDIMIENTO DE REPOSICION DE CILINDROS DE FOSGENO

- 3.4.1 Se checará que la ventilación y la bomba del Scrubber estén funcionando.
- 3.4.2 Se checará que las válvulas de Nitrógeno y de Fosgeno estén cerradas (las que están instaladas en el sistema).
- 3.4.3 Se cerrarán las válvulas tanto de entrada como de salida en el cilindro.
- 3.4.4 Se desconectarán con mucho cuidado las mangueras a través de la Caja de Guantes.
- 3.4.5 Se pondrán las protecciones a las válvulas.
- 3.4.6 Se abrirán las puertas del cuarto de servicio (maniobrar con mascarilla y Canister).
- 3.4.7 Se retirará el cilindro por medio del polipasto.
- 3.4.8 Se trasladará el cilindro a la zona de cilindros vacíos.
- 3.4.9 Se pondrá la primera protección.

3.5 SUE HACER EN CASO DE FUGA DE FOSGENO

- 3.5.1 Se accionará la alarma que se encuentra junto a la Caja de Guantes frente al Reactor. Cuando esto suceda, se parará automáticamente la fosgenación, la alimentación de Nitrógeno al cilindro de Fosgeno y hará sonar, al mismo tiempo, - la sirena.
- 3.5.2 Los operadores deberán colocarse sus mascarillas con Canister para realizar cualquier maniobra. (Estas mascarillas deberán tenerse siempre en el área de trabajo.)
- 3.5.3 Se localizará, clasificará y evaluará la fuga.
- 3.5.4 Nunca se deberá parar la agitación del Reactor, cuando haya fuga de Fosgeno, ni cerrar la extracción.
- 3.5.5 Se evacuará el edificio después de realizarse los pasos anteriores, concentrando al personal en la zona de agrupamiento destinada para este efecto, y se informará a la superioridad sobre lo sucedido y sobre las medidas preventivas tomadas.
- 3.5.6 En caso de que la fuga haya sido causada por problemas del Reactor, no se deberá accionar la alarma, sino que se cerrará manualmente la entrada de Fosgeno.

3.6 PROCEDIMIENTO DE ATAQUE A FUGA DE FOSGENO EN EL REACTOR DEBIDO A FALLAS MECANICAS

- 3.6.1 Los encargados de la inspección, adiestrados para estos casos, deberán:
 - a) Colocarse los equipos de respiración autónoma, checando su buen funcionamiento. (Estos equipos estarán localizados a un lado de la caseta de Fosgeno.)
 - b) Trasladarse directamente al lugar exacto de la fuga y tomar muestras de la concentración del Fosgeno en el medio ambiente por medio del aparato detector Drager.

- c) Barrer con Nitrógeno el tramo de la línea de la Caja de Guantes, habiendo cerrado antes las válvulas de operación manual.
- d) Entregar el sistema a Mantenimiento para su reparación.

3.7 PROCEDIMIENTO DE ATAQUE A FUGA DE FOSGENO EN LAS CONEXIONES DE LOS CILINDROS

3.7.1 Los encargados de la inspección, adiestrados para estos casos, deberán:

- a) Colocarse los equipos de respiración autónoma, checando su buen funcionamiento. (Estos equipos estarán localizados a un lado de la caseta de Fosgeno.)
- b) Cerrar las válvulas (2 del cilindro y 2 del sistema), a través de la Caja de Guantes.
- c) Trasladarse directamente al lugar exacto de la fuga y tomar muestras de la concentración del Fosgeno en el medio ambiente, por medio del aparato detector Drager.
- d) Checar funcionamiento tanto del sistema de extracción como de la bomba.
- e) Localizar la posición de la fuga y desconectar la manguera problema.
- f) Dejar pasar un tiempo pertinente para que todo el Fosgeno derramado se haya eliminado por evaporación (extracción).
- g) Cambiar la manguera averiada.

3.8 PROCEDIMIENTO DE ATAQUE A FUGA DE FOSGENO EN LA TUBERIA

3.8.1 Cuando un frasco detector indique la presencia de una fuga de Fosgeno en la línea, se deberá localizar la posición exacta de ésta en el tramo correspondiente.

Por lo general se tratará de algún poro en la línea de Fosgeno. Para poder atacar esta fuga será necesario desalojar por completo la línea de Fosgeno entre la Cabina de Fosgeno y el Reactor por medio de Nitrógeno.

En caso de que el Reactor estuviere vacío, se deberá llenar con una solución de Sosa Cáustica.

Para eliminar el Fosgeno remanente en la chaqueta se empleará un soplete multiflama, oxígeno-acetileno para destruirlo por medio de calentamiento.

3.8.2 Se entregará el sistema a Mantenimiento para su reparación.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- 1.- Dada la alta toxicidad del producto por manejar y conociendo el grave riesgo que se correría en caso de la más leve fuga, se encontró, a través de esta Tesis, que todas las medidas de Seguridad utilizadas tienen bases fundamentadas para su implantación. Por ello fue necesario desglosar el manejo global del FOSGENO - en diferentes operaciones, desde la recepción de él hasta su utilización práctica en el Reactor de Reacción en la planta.

- 2.- Esta planeación de medidas debe ser complementada con la educación y el adiestramiento exhaustivo del personal que va a llevar a cabo el manejo de esta substancia por medic; teórico-prácticos, basados en un programa actualizado.

- 3.- Se debe recalcar que, cuando se trabaja sobre Seguridad, nunca se ven resultados inmediatos, ya que se trabaja con intangibles; por lo tanto no deberá escatimarse ningún esfuerzo de carácter económico para la instalación de equipos y dispositivos de Seguridad. Los beneficios que esto acarrea serán de capital importancia, puesto que con ello se estaría preservando la posibilidad de un siniestro de consecuencias desastrosas tanto para el personal como para la empresa; aún cuando por las características propias de ellos no se pueda hacer un balance económico de estos beneficios, sí se debe visualizar la bondad de estas inversiones desde el punto de vista de la prevención de accidentes o sea de la Seguridad Industrial.

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

- 1.- S. M. WALAS
"REACTION KINETICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"
Mc. Graw-Hill Book Co. New York 1959
(Cấp. 6)
- 2.- J. M. SMITH
"CHEMICAL ENGINEERING KINETICS"
Mc. Graw-Hill Book Co. New York 1968
(Cấp. 3)
- 3.- ALAN S. FOUST
"PRINCIPLES OF UNIT OPERATIONS"
John Wiley & Sons Inc. New York
(Cấp. 16)
- 4.- PHOSGENE
Carbonyl Chloride
Organic Chemical Department of CHEMETRON New York
- 5.- CHEMICAL SAFETY DATA SHEET SD-95
"PROPERTIES AND ESSENTIAL INFORMATION
FOR SAFE HANDLING AND USE OF PHOSGENE"
Published July 1967