



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

DETERMINACION DE EQUIPO, DISPOSITIVOS E  
INSTALACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL  
MANEJO DEL OXIDO DE ETILENO

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a :

JULIO ROJAS MASCAREÑAS

México, D. F.

1980

M-23756



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

PRESIDENTE ..... ING. ADALBERTO TIRADO ARROYAVE  
VOCAL ..... DR. RAMON VILCHIS ZIMBRON  
SECRETARIO ..... ING. PABLO BARROETA GONZALEZ  
1. SUPLENTE ..... ING. ARTURO LOPEZ TORRES  
2. SUPLENTE ..... ING. ENRIQUE BRAVO MEDINA

Sitio donde se desarrolló el tema: GERENCIA DE SEGURIDAD IN  
DUSTRIAL DE PETROLEOS MEXICANOS.

Nombre y firma del sustentante: JULIO ROTAS MASCAREÑAS.

Nombre y firma del asesor del tema: DR. RAMON VILCHIS ZIMBRON

**A MIS PADRES**  
con profunda felicidad, amor  
y agradecimiento

**A MI ABUELITA Y MIS HERMANOS**  
por su cariño y con el mío

**A MIS AMIGOS**  
que gentilmente ayudaron a la  
realización de este trabajo

---

Diciembre 79  
MEXICO

**AL SR. HERIBERTO L'KEHOE VINCENT**  
**un hombre de integridad y respeto**  
**(q.e.p.d.)**

**A LA SRA CARMEN A. vda. de L'KEHOE**  
**una grata y cálida persona**

*-porque yo consideraba un libro nuevo  
no como una cosa de la que hay otras  
muchas semejantes, sino como una  
persona única, sin razon de existir  
mas que en sí misma.*

**MARCEL PROUST**

DETERMINACION DE EQUIPO, DISPOSITIVOS E INSTALACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL MANEJO DEL OXIDO DE ETILENO

INTRODUCCION.

CAPITULO I. DESCRIPCION DEL PROCESO.

- I.I Localización y Capacidad.
- I.II Materias Primas.
- I.III Servicios Auxiliares.
- I.IV Generalidades del Proceso.
- I.V Proceso.
- I.VI Diagrama de Flujo.
- I.VII Lista del equipo de Proceso.

CAPITULO II. GENERALIDADES SOBRE EL OXIDO DE ETILENO.

- II.I Propiedades químicas, físicas y tóxicas.
- II.II Comportamiento químico y usos.
- II.III Concentraciones permisibles y riesgos.
- II.IV Seguridad del óxido de etileno líquido.
- II.V Seguridad del óxido de etileno gaseoso.
- II.VI Comportamiento de las mezclas ternarias.

CAPITULO III. RECIPIENTES Y ENVASES USUALES.

- III.I Equipos de Transportación.
- III.II Etiquetas, letreros y advertencias.
- III.III Precauciones generales en los recipientes vacíos.

## CAPITULO IV. LLENADO Y DESCARGA DE LOS RECIPIENTES.

- IV.1 Recipientes para muestras.
- IV.11 Recipientes portátiles.
- IV.111 Autos y Carros tanque.
- IV.1V Descarga a equipo de almacenamiento.

## CAPITULO V. ALMACENAMIENTO Y MANEJO.

- V.1 Almacenamiento de recipientes portátiles.
- V.11 Almacenamiento en tanques fijos.
- V.111 Características del equipo y materiales usados.
- V.1V Precauciones previas a la operación.
- V. V Sistemas y prácticas de operación.
- V. VI Manejo del producto en otros procesos.
- V. VII Determinaciones del producto en la atmósfera.

## CAPITULO VI. RECOMENDACIONES GRALES. Y ATENCION ME DICA.

- VI.1 Reparación y limpieza de tanques y equipo.
- VI.11 Entrada a los recipientes y desecho de mate  
riales.
- VI.111 Equipo de Protección Personal.
- VI.1V Recomendaciones contra incendio.
- VI.V Generalidades médicas.
- VI.VI Sintomatología.
- VI.VII Primeros Auxilios.

## CAPITULO VII. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE EQUIPO.

- VII.1 Diseño del recipiente.
- VII.11 Cálculo del espesor de la esfera.
- VII.111 Cálculo del aislamiento de la esfera.
- VII.1V Descripción del sistema de refrigeración.
- VII.V Generalidades del equipo.

- VII.VI Diseño del equipo de refrigeración.
- VII.VII Diseño del Evaporador.
- VII.VIII Diseño del Compresor.
- VII. IX Diseño del Condensador.

## CAPITULO VIII. CONCLUSIONES.

## BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION.

Aunado al creciente desarrollo económico-industrial de nuestro país y a la participación fundamental y decisiva que la Industria de Petróleo y de la Química en general ha propiciado al mismo, la demanda de ciertos productos que por su importancia ocupan primerísimos planos, se ha venido intensificando con determinación y prontitud. Uno de éstos productos es el Oxido de Etileno. El Oxido de Etileno es un compuesto hidrocarbonado derivado del petróleo y cuyo consumo interno y externo se incrementa considerablemente con la formación de nuevas plantas industriales que lo absorben.

Por tratarse de un producto inflamable e inestable que, además tiene propiedades tóxicas, la importancia de su manejo correcto cobra mayor relevancia. Del Oxido de Etileno producido actualmente en el mundo, dos terceras partes se emplean para la obtención y la restante para la fabricación de fibras poliéster, películas e inhibidores, así como plásticos, resinas, etc.

En México existe una planta de producción de Oxido de Etileno construida por Petróleos Mexicanos en el complejo petroquímico de Pajaritos, Ver. con la construcción de esta planta, nuestro país ha dejado de importar el Oxido de Etileno de Estados Unidos de Norte-América y de Alemania, teniendo capacidad para exportar este producto principalmente a Centro y Sud-América. Actualmente el consumo interno del Oxido de Etileno, representa alrededor del 60% de la producción anual de la planta existente;

considerándose el resto materia de exportación.

Siendo problema de constante preocupación para el responsable de la operación de un proceso, el concimiento de las condiciones mas apropiadas bajo - las cuales debe desarrollarse, ha de aplicarse a - obtener premisas tan favorables y óptimas como la- máxima producción, máxima rentabilidad y el mínimo riesgo.

El presente trabajo lleva como finalidad determi-- nar las condiciones ideales de diseño y seguridad- industrial que deben de prevalecer en la produc- - ción, manejo y almacenamiento del Oxido de Etileno.

## CAPITULO I

### DESCRIPCION DEL PROCESO.

GENERALIDADES (Planta de PAJARITOS, Ver.).-

#### I.1 LOCALIZACION Y CAPACIDAD

La planta de óxido de etileno se encuentra localizada dentro del COMPLEJO PETROQUIMICO INDUSTRIAL - que PETROLEOS MEXICANOS ha levantado a, aproximadamente, 12 kms. del Puerto de Coatzacoalcos, Veracruz; en un área sísmicamente activa cuyas condiciones atmosféricas son las siguientes:

Velocidad máxima del viento	200 kms./hora
Dirección predominante	Norte
Precipitación pluvial máx./hora	5 mm. (normal)
Presión barométrica	760 mm de Hg.
Temperatura ambiente	27°C
Humedad relativa	90 %
Elevación sobre el nivel del mar	9 metros.

La planta ha sido diseñada para una producción - - anual de 24,000 toneladas, en dos etapas; siendo - la producción anual de 12,000 toneladas por etapa, con un tiempo de operación de 8,000 horas por etapa.

#### I.11 MATERIAS PRIMAS.

El etileno es la materia prima básica para la obtención del óxido de etileno y es suministrada por

La PLANTA DE ETILENO ubicada en el mismo complejo.

Para una producción de 24,000 toneladas, se usarán 25,160 toneladas de etileno, cuya pureza según el análisis de laboratorio es el siguiente:

Etano	0.28 % mol
Etileno	99.72 % mol
Acetileno	29.00 ppm
Presión	24.00 kg/cm <sup>2</sup> (mínima) 352 psia
Temperatura	35.00°C

El aire utilizado también como materia prima, debe estar libre de materia en suspensión y de impurezas, acorde a las siguientes condiciones:

Presión	atmosférica
Temperatura	ambiente
Humedad relativa	90 % (máxima)

El catalizador utilizado es el denominado: SYNDOX-300 NT, cuyo porcentaje de plata es de aproximadamente 15 %.

La pureza requerida para el producto es la siguiente:

Oxido de Etileno	99.99 % en peso
Oxido grado comercial	99.76 % en peso
Presión almacenamiento	4 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura	0°C

En la operación de la planta se forman cantidades pequeñas de un óxido orgánico en el ciclo del agua, que se cree sea Acido Acético. Este puede formarse también en la oxidación del etilenglicol que se acumula en el ciclo del agua, como resultado de la hidratación del Oxido de Etileno.

En todo caso, la cantidad formada es muy pequeña y no afecta apreciablemente el rendimiento del proceso. Existe producción de Glicol también, pero en cantidades apreciables.

### 1. III SERVICIOS AUXILIARES.

SERVICIO	PRESION Kg/cm <sup>2</sup> )	TEMP. (°C)
Vapor de alta	20.0 (mínima)	212
Vapor recalentado	23.0	400
Vapor de media	4.0 a 10.0	190
Vapor de baja	1.4	190
Vapor condensado (retorno)	3.0	150
Agua de enfriamiento	3.5	30 (máx)
Agua de Servicio y - Proceso	5.0	25 (máx)
Agua contra incendio	8.8	--
Aire para instrumentos	3.5 a 7.0	--

NITROGENO (99 % seco y libre de aceite) a una presión de: 2.0 kg/cm<sup>2</sup> como mínima.

SOSA CAUSTICA (42 % de NaOH) a una presión de: 3.0

kg/cm<sup>2</sup> y temperatura ambiente.

GAS COMBUSTIBLE (Tipo: METANO) a una presión de: - 2.5 kg/cm<sup>2</sup> como mínima y con una composición como se enumera:

ELEMENTO	% EN VOLUMEN
CH <sub>4</sub>	95.63
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.92
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.27
INERTES (N <sub>2</sub> )	0.17
CO <sub>2</sub>	0.01

ENERGIA ELECTRICA: Voltaje de Suministro (13,800 - voltios)

Niveles de Utilización (4160/440/240/120)

Fases (3)

Ciclos (60)

#### I. IV GENERALIDADES DEL PROCESO.

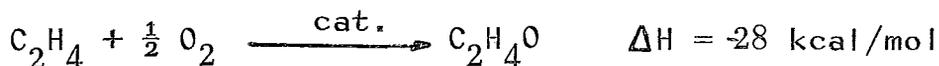
El proceso de oxidación catalítica del etileno con el oxígeno del aire, fué descubierto por LEFORT en 1930. Aunque los primeros investigadores emplearon plata metálica, el catalizador comercial es un portador inerte plateado.

El catalizador se prepara por tratamiento térmico de sales de plata de ácidos carboxílicos o por la reducción de compuestos inorgánicos de plata. La activación del catalizador se realiza por la adi--

ción de promotores alcalinos o alcalino térreos. - La elección del portador es de extrema importancia, siendo la alúmina y el carburo de silicio los más adecuados a ella.

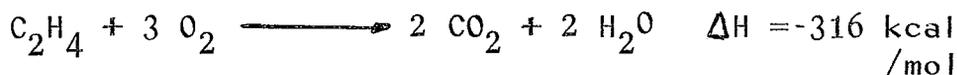
### REACCIONES.

La reacción que se produce en la oxidación catalítica del etileno con aire, se representa por la siguiente ecuación:

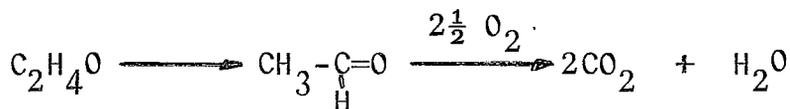


Además como subproducto, se obtiene  $\text{CO}_2$  que se forma de dos maneras:

La primera consiste, en la reacción directa del etileno con el oxígeno para formar dióxido de carbono y agua:



La segunda es mediante la oxidación del óxido del etileno; en éste caso, el óxido de etileno se isomeriza primero a acetaldehído y éste se oxidará a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  posteriormente:



La generación de calor depende de la proporción del etileno que se transforma a óxido de etileno.

El calor de reacción se genera en la superficie -

del catalizador y hace que aumente la temperatura en exceso; sino se regula éste incremento, la reacción no progresa y se desperdicia catalizador.

La disipación del calor es controlada por:

- 1.- Circulación de un medio de transmisión de calor por los tubos de reactor.
- 2.- Utilización de un gas inerte, para regular la velocidad de la reacción y disipar calor generado.
- 3.- Adición de inhibidores de la oxidación, como el dicloruro de etileno, para suprimir la reacción colateral inconveniente (muy exotérmica; aproximadamente once veces mayor que la principal).

## REACTORES.

En general la planta cuenta con dos reactores tubulares que operan en serie y están diseñados de modo que la transmisión de calor se realice eficientemente.

Como la reacción es exotérmica, los reactores están provistos de chaquetas de intercambio de calor, utilizando aceite como medio de enfriamiento (MOBILTHERM); éste, entra a los equipos por las ranuras del anillo concéntrico inferior y después de recorrer la envoltura del reactor, ascendiendo entre las mamparas desviadoras a contracorriente con el gas que circula dentro de los tubos, abandona el reactor por las ranuras del anillo concéntrico superior.

Este medio de transferencia de calor, vaporizado - por el calor generado en la reacción, es condensado en un permutador térmico produciendo vapor suficiente para las necesidades de la planta.

Se dijo anteriormente, que la utilización de diluyentes para regular la velocidad de reacción (dicloruro de etileno) y disipar una parte del calor-generado, era conveniente; pero además tiene otra-ventaja que es la de reducir el intervalo de infla-mabilidad del etileno y del óxido resultante en la reacción; sin embargo el suministro debe ser regu-lado para evitar que el diluyente envenene el cata-lizador y reduzca la eficiencia del reactor.

El intervalo óptimo de temperatura es entre 240°C- a 280°C según el grado de agotamiento del cataliza-dor. Al envejecer éste, se vuelve menos eficiente; entonces hay que aumentar gradualmente la tempera-tura para obtener eficiencia máxima en la reacción.

La temperatura de Selectividad óptima es menor que la temperatura de Conversión óptima. Si la Selecti-vidad en el proceso está definida por:

$$S = \frac{\text{Moles de Oxido de Etileno formadas}}{\text{Moles de Etileno reaccionado}}$$

y la Conversión por paso, se define como:

$$C = \frac{\text{Etileno reaccionado por paso}}{\text{Etileno alimentado}}$$

El incremento de la Conversión por paso disminuye- la Selectividad; ésta se controla por la variación

de la temperatura en el interior del reactor, para obtener la relación mencionada:  $(TS)_{\text{ópt.}} < (TC)_{\text{ópt.}}$

El intervalo óptimo de tiempo de contacto se encuentra comprendido entre dos y seis segundos.

## I.V PROCESO.

### TRATAMIENTO DEL AIRE.

El diagrama de flujo muestra como el aire atmosférico proveniente de la chimenea (B-101), llega al filtro (M-101), y ya filtrado pasa a la succión del compresor centrífugo de multietapas (C-101), donde alcanza una presión de  $25 \text{ kg/cm}^2$  abs. El aire es enfriado entre paso y paso. El compresor es impulsado por la expansión del gas de purga a través de una turbina, a la presión y temperatura de, aproximadamente,  $18 \text{ kg/cm}^2$  y  $420^\circ\text{C}$ .

Para mantener la adecuada operación del compresor, se usa una cierta cantidad de vapor.

Para minimizar grandes cambios de temperatura, se tiene el recipiente de calor (D-101), denominado Depresor Catalítico. El aire comprimido y enfriado, pasa a la lavadora (D-102), donde se pone en contacto con una corriente de sosa Caústica diluida, para eliminar cualquier componente ácido presente en el aire.

El líquido arrastrado por el aire al pasar por la lavadora, es eliminado en el tanque de choque (F-102); después el aire pasa por una cama de carbón (D-103), donde se absorben otras trazas de contaminantes presentes en el aire; cualquier partícu

la de carbón arrastrado de dicha cama es eliminada en el filtro (M-102).

#### RECEPCION DEL ETILENO.

La alimentación del etileno entra a la presión de  $24.7 \text{ kg/cm}^2$  abs., temperatura de  $35^\circ\text{C}$  y pureza mínima de 95%. Pasa por el cambiador de calor - - - (E-202), en donde aumenta su temperatura hasta - -  $225^\circ\text{C}$  y enseguida se envía a alimentar al reactor - (D-202).

#### REACCION.

La mezcla aire-etileno se introduce al reactor por la parte inferior y, puesto que la reacción es intensamente exotérmica, es necesario que los tubos de reacción estén rodeados por un refrigerante de alto punto de ebullición (MOBILTHERM) así se mantiene una temperatura aproximada de  $260^\circ\text{C}$  en el reactor.

El líquido de enfriamiento (MOBILTHERM) sale del reactor y llega a un cambiador de calor (E-205), a contracorriente con agua tratada; aquí se produce vapor de  $23$  a  $25 \text{ kg/cm}^2$  abs. que se envía al cabezal de alta presión, retornando el líquido de enfriamiento al reactor.

El producto de la reacción (Óxido de etileno, etileno no convertido y gases de proceso) pasa a contracorriente con el gas de carga al cambiador de calor (E-202), que lo enfría a  $97^\circ\text{C}$  y llega, en esas condiciones, a la parte media del lavador - - (D-302), en donde el óxido de etileno se absorbe en agua.

Para mantener una presión constante en el sistema es necesario que una porción de la corriente gaseosa, que sale por el domo conteniendo cantidades apreciables de etileno, sea recirculada al siguiente reactor, denominado Reactor de Purga (D-203); mediante un compresor (C-302), que le restaura la presión a aproximadamente  $23.3 \text{ kg/cm}^2$  abs.

La reacción en éste último paso deberá controlarse de tal forma que se consiga una alta conversión de etileno y un rendimiento óptimo de óxido de etileno. Para controlar la oxidación, se deberá añadir un inhibidor (dicloruro de etileno).

#### PRODUCTO.

Las corrientes conteniendo el óxido de etileno, que fué absorbido en agua en los lavadores, se unen y calientan hasta  $100^\circ\text{C}$  en el banco de cambiadores (E-402). La solución caliente alimenta a la Torre Agotadora (D-401), en donde el óxido de etileno, el anhídrido carbónico, gases de proceso y algo de agua, son separados por el domo de la columna.

El agua pobre o agotada del fondo de la Torre Agotadora, pasa a las bombas de agua del ciclo (G-401), intercambia calor con la corriente de alimentación a la columna agotadora en los cambiadores (E-402), posteriormente es enfriada con agua de enfriamiento en el tren de cambiadores (E-401), para ser, finalmente, recirculada a los lavadores en operación. El producto gaseoso que fué separado por el domo, se enfría hasta  $30^\circ\text{C}$  en el condensador (E-403) y de ahí pasa a alimentar la columna

reabsorbedora (D-402).

#### RECUPERACION DEL PRODUCTO.

En ésta columna, el óxido de etileno es absorbido en agua de proceso y los gases no condensables - - ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ ) se ventean a la atmósfera.

Los fondos del reabsorbedor (D-402), se calientan a  $89^\circ\text{C}$  en el equipo (E-501), y fluyen a la columna de Refinación clasificada como (D-501).

En ésta columna se separa por el domo, el óxido de etileno y los fondos (AGUA), son bombeados a la columna reabsorbedora con el fin de que sirvan como medio de extracción del óxido de etileno; habiendo sido enfriados, previamente, en los equipos - - - (E-501) y (E-404).

El producto del domo de la columna de Refinación, es condensada en el cambiador (E-502), el condensado pasa al recipiente acumulador (F-501), de donde la bomba (G-502), manda una parte al reflujo y - - otra a la columna Agotadora\* (D-502), la que se calienta con el pre-hervidor (E-504).

Puesto que por el domo de ésta última se separa el  $\text{CO}_2$  y la corriente lleva consigo trazas de óxido de etileno, dicha corriente se retorna a la reabsorbedora para lograr ahí la total recuperación del óxido.

\* de  $\text{CO}_2$

## PURIFICACION DEL PRODUCTO.

El producto del fondo de la columna (D-502), contiene pequeñas cantidades de acetaldehído, así que para tener un producto de bajo aldehído, éste óxido de etileno es destilado en la columna (D-503);- la cual es calentada por el pre-hervidor (E-506).

Consta ésta columna de 56 platos de borboteo. Del sexto plato se obtiene un producto conteniendo - - 99.99% de óxido de etileno (50 ppm de acetaldehído).

Se enfría el producto a 35°C en un serpentín para-salmuera (E-507) y se envía a los tanques de almacenamiento a través del equipo (G-506).

Otra parte del producto del domo se condensa en el cambiador (E-505), y se retorna a la columna como-reflujo. Equipos: (F-502) y (G-504).

Por el fondo de ésta última columna, se obtiene - otra corriente de óxido de etileno con 99.76% de - pureza (2425 ppm de acetaldehído). Se enfría en - otro serpentín (E-508), con las mismas caracterís-ticas que el anterior y finalmente se envía a almcenamiento a través del equipo (G-505).

I.VI DIAGRAMA DE FLUJO. (Ver figura 1.1)I.VII. LISTA DEL EQUIPO DE PROCESO SEGUN DIAGRAMA.

C L A V E	D E S C R I P C I O N
(B-101)	Chimenea de Aire.
(B-102)	Calentador del gas de purga.
(B-201)	Recalentador de Vapor.
(C-101)	Compresor de Aire multietapas.
(C-302)	Compresor Principal.
(C-303)	Compresor de Purga.
(D-101)	Depresor Catalítico.
(D-102)	Columna de Lavado Caústico.
(D-103)	Cama de Carbón.
(D-202)	Reactor Principal.
(D-203)	Reactor de Purga.
(D-302)	Columna de Lavado.
(D-303)	Columna de Purga.
(D-401)	Torre Agotadora.
(D-402)	Columna Reabsorbedora.
(D-501)	Columna de Refinación.
(D-502)	Columna Agotadora de CO <sub>2</sub> .
(D-503)	Columna de Purificación.
(E-102)	Sub-enfriador de Aire comprimido.
(E-202)	Cambiador Gas-Gas del Reactor - - Principal.

C L A V E	D E S C R I P C I O N
(F-202)	Tanque de balance del MOBILTHERM-principal.
(F-203)	Tanque de balance del MOBILTHERM-de Purga.
(F-501)	Acumulador de la Columna de Refinación.
(F-502)	Acumulador de la Columna de Purificación.
(G-101)	Bombas de Recirculación Caústica.
(G-202)	Bombas de Recirculación del MOBIL THERM principal.
(G-203)	Bombas de Recirculación del MOBIL THERM de Purga.
(G-401)	Bombas de Recirculación de Agua.
(G-402)	Bombas de los Fondos de la Columna Reabsorbadora.
(G-501)	Bombas de los Fondos de la Columna de Refinación.
(G-502)	Bombas del Reflujo de la Columna de Refinación.
(G-503)	Bombas de los Fondos de la Columna Agotadora de CO <sub>2</sub> .
(G-504)	Bombas del Reflujo de la Columna de Purificación.
(G-505)	Bombas de los Fondos de la Columna de Purificación.

## CAPITULO II. GENERALIDADES SOBRE EL OXIDO DE ETILE NO.

Fórmula:  $\text{CH}_2 \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{O} \end{array} \text{CH}_2$  ; Nombre Común: Oxido de - Etileno

Nombre Químicos: Oxido de Etileno  
 1-2 Epoxi- etano.  
 Oxirano  
 Oxido de Dimetilo

Peso Molecular: 44.05

### II.1 PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y TOXICAS.

#### ESTADO LIQUIDO:

Peso específico aparente a 20°C (68°F)	0.8711
Temperatura de ebullición a 760 mm. de Hg	10.5°C (51°F)
Temperatura de fusión	-111.3°C (-168.3°F)
Coefficiente de expansión a 20°C (68°F)	0.00161
Calor específico	0.41 cal/g°C (BTU/lb°F)
Calor latente de vaporización a 760 mm. de Hg	138.9 kcal/kg (250 BTU/lb)
Viscosidad	0.29 cp
Color	incoloro
Higroscopicidad	ligera
Explosividad	no es explosivo

Solubilidad en agua	en todas proporciones
Reactividad química	mucha; algunas reacciones son incontrolables.
Corrosividad	no es corrosivo
Olor	característico; semejante al eter etílico; irritante a altas concentraciones.
Temperatura de inflamación TAG, capa - - abierta	menor de $-28.8^{\circ}\text{C}$ (menor de $-20^{\circ}\text{F}$ )
Punto de congelación de las soluciones - acuosas:	Ver figura 2.2
con 10% de óxido de etileno	$5.0^{\circ}\text{C}$ ( $41.0^{\circ}\text{F}$ )
con 30% de óxido de etileno	$11.4^{\circ}\text{C}$ ( $52.5^{\circ}\text{F}$ )
con 50% de óxido de etileno	$9.4^{\circ}\text{C}$ ( $49.2^{\circ}\text{F}$ )
con 70% de óxido de etileno	$6.0^{\circ}\text{C}$ ( $42.8^{\circ}\text{F}$ )
Presiones de vapor	Ver figura 2.4
<b>ESTADO GASEOSO.</b>	
Densidad relativa a $40^{\circ}\text{C}$ ( $104^{\circ}\text{F}$ )	1.49 (Aire = 1)

Límites de explosividad.  
% en Volumen, en aire:

Inferior	3 %
Superior	100 %
Temperatura de autoignición en aire a 760 mm. - de Hg	429°C (804°F)
Temperatura de autoignición en ausencia de aire a una atmósfera	571°C (1059.8°F)
Presión crítica (absoluta)	73 kg/cm <sup>2</sup> (1043 lb/in <sup>2</sup> )
Temperatura crítica	195.8°C (384.4°F)
Calor de combustión	308.7 kcal/g mol (12,614 BTU/lb)
Calor de descomposición	20.0 kcal/g mol (817 BTU/lb)
Calor específico a 34°C (93.2°F) y 760 mm. de Hg	0.268 cal/g°C (BTU/lb°F)
Color	incolore
Explosividad	se puede descomponer-explosivamente
Corrosividad	no es corrosivo

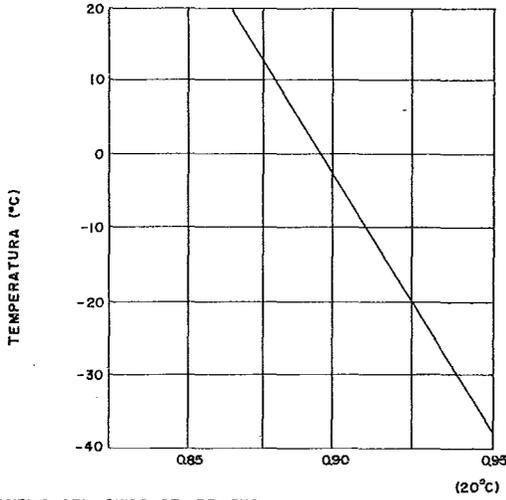
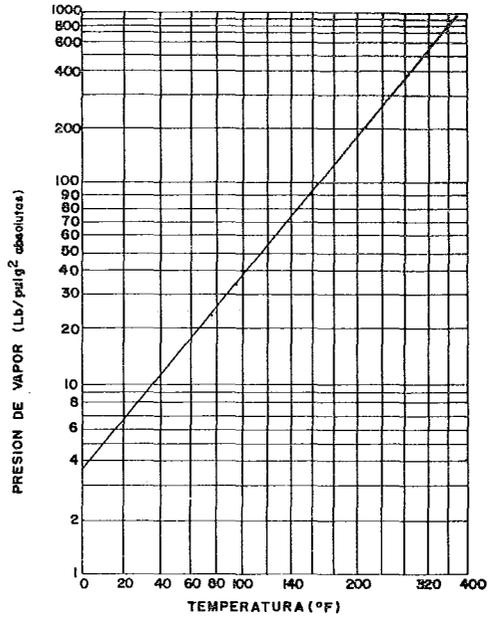


FIGURA 2.1.  
PESO ESPECIFICO DEL OXIDO DE ETILENO

FIGURA 2.4.  
PRESION DE VAPOR DEL OXIDO DE ETILENO



## 11.1 COMPORTAMIENTO QUIMICO Y USOS.

El óxido de etileno es además una sustancia muy reactiva e inestable; debe sus propiedades al anillo heterocíclico "epóxido", de características fuertemente polares.

El átomo de oxígeno que forma parte de su molécula se encuentra negativamente polarizado, en tanto que los átomos de carbono lo están positivamente, existiendo una fuerte tensión estérica en el anillo que lo hace muy reactivo químicamente.

El óxido de etileno se hidrata con facilidad, reacciona con los alcoholes, los fenoles, los glicoles, el amoniaco y las aminas, para producir glicoles, éteres, poliglicoles alquilaminas y compuestos más complejos. Con el ácido cianhídrico forma la etilencianhidrina y con el ácido clorhídrico la clorhidrina correspondiente; la reacción con ácidos orgánicos da lugar a ésteres y anhídridos.

Existe una variedad de otras reacciones fáciles de producir con el óxido de etileno.

Las aplicaciones prácticas del óxido de etileno como tal, son variadas. Se le usa como esterilizante y como fumigante. También se emplea para la conservación de alimentos, agregando pequeñas cápsulas del producto en solución acuosa congelada, dentro de bolsas selladas de material plástico que le permiten difundirse y esterilizar el contenido de las bolsas.

Destruye hongos, bacterias y otros micro-organis--

FIGURA 2.2.  
PUNTO DE CONGELACION DE LAS SOLUCIONES  
ACUOSAS DE OXIDO DE ETILENO

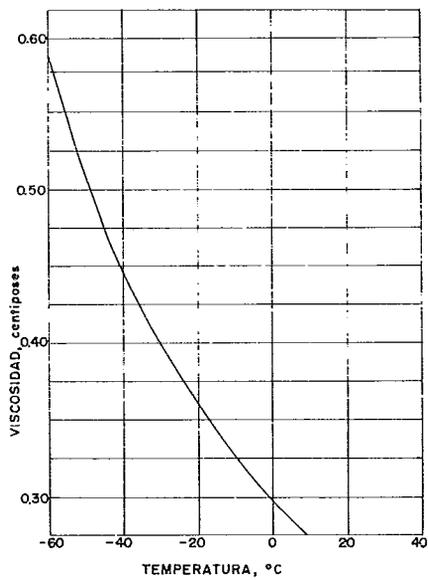
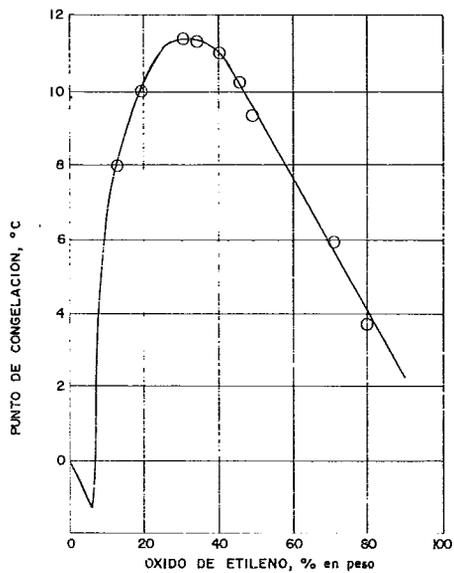


FIGURA 2.3.  
VISCOSIDAD DEL OXIDO DE ETILENO

mos. Se le aplica también a la esterilización de vendas y otros materiales quirúrgicos.

En la fumigación de tabaco y materiales textiles, - suele usársele diluido con bióxido de carbono, - - (carbóxido) condición en que no es inflamable.

Se le aplica también para la modificación del almidón, para la eterificación de la celulosa y para "endulzar" los derivados del petróleo, en presencia de un catalizador adecuado.

### II. III CONCENTRACIONES PERMISIBLES Y RIESGOS.

La concentración máxima permisible de óxido de etileno para una jornada de 8 horas es de 50 ppm (90-mg/m<sup>3</sup>); sin embargo durante períodos cortos, puede trabajarse en una atmósfera que contenga hasta 75-ppm (135 mg/m<sup>3</sup>), de óxido de etileno, sin que sea necesario utilizar protección respiratoria y siempre que la exposición a ésta última concentración, no se prolonge por más de 15 minutos.

Las exposiciones a concentraciones más elevadas - producen irritación de los ojos y del tracto respiratorio. El óxido de etileno líquido o sus soluciones acuosas pueden causar ampollas o quemaduras en la piel. El olor de ésta sustancia es un buen indicador de su presencia en el aire; sin embargo, la exposición a bajas concentraciones puede producir entorpecimiento del sentido del olfato, de tal modo que se deje de percibir la presencia de concentraciones peligrosas de 100 ppm (180 mg/m<sup>3</sup>) a 250-ppm (450 mg/m<sup>3</sup>) del producto.

Las concentraciones más elevadas del producto, evidencian rápidamente síntomas característicos, como náuseas, tos, vómito, irritación de los ojos, sensación de opresión en el tórax y dificultad para respirar.

El mayor peligro al manejar éste producto consiste en el contacto del líquido o sus soluciones acuosas con la piel. En ciertas circunstancias se produce irritación de la piel por la saturación del sudor con el óxido de etileno. Las exposiciones muy breves a concentraciones de 200 ppm (360 mg/m<sup>3</sup>) no suelen producir trastornos permanentes de consideración y pueden admitirse.

Por ningún motivo deben respirarse atmósferas con mayores concentraciones.

#### 11. IV SEGURIDAD DEL OXIDO DE ETILENO LIQUIDO.

El óxido de etileno líquido, según se dijo, es bastante estable y resiste bien sacudidas, golpes y aún detonaciones de materiales muy próximos. Sin embargo, algunas sustancias (óxido y cloruros metálicos o álcalis), catalizan una condensación interna (polimerización), con elevación de temperatura que acelera la velocidad de reacción y puede elevar la presión por encima de la resistencia de un recipiente dado. Cuando se almacena el líquido por tiempo prolongado, se forma un polímero gelatinoso; pero la reacción es lenta, a menos que sea catalizada.

(Debe evitarse siempre la contaminación con materiales que puedan acelerar la reacción de polimeriza-

ción. Como el óxido de etileno tiene a  $150^{\circ}\text{C}$  ( $302^{\circ}\text{F}$ ), una presión de vapor aproximadamente de 35 atmósferas ( $514.4 \text{ lb/in}^2$ ), tales reacciones aceleradas pueden dar origen a accidentes.)

Las principales sustancias que catalizan la polimerización del óxido de etileno son los óxidos puros de fierro y aluminio, los cloruros de fierro anhidro, estaño y aluminio, el potasio metálico, los hidróxidos de los metales alcalinos, los ácidos y ciertas aminas. También materiales sólidos finalmente divididos como polvo de herrumbre.

#### II.V SEGURIDAD DEL OXIDO DE ETILENO GASEOSO.

( El óxido de etileno puro, en estado gaseoso y en presencia de una flama o de una superficie muy caliente, sufre una descomposición espontánea, que puede propagarse con violencia explosiva. Esta reacción es amortiguada y aún suprimida totalmente mediante la adición de un gas inerte o no reactivo, como por ejemplo, el nitrógeno, el bióxido de carbono, el metano y otros hidrocarburos saturados.)

La inestabilidad de los vapores del óxido de etileno, se debe a su reacción de descomposición que produce además de oxígeno, metano, etileno, monóxido de carbono e hidrógeno. Como todos éstos gases son combustibles, es lógico pensar que a continuación de la falla violenta de un recipiente se desarrollará un incendio de proporciones considerables.

En la tabla siguiente se muestra la mínima concentración de varios gases inertes que vuelven estable totalmente, para fines prácticos, el óxido de

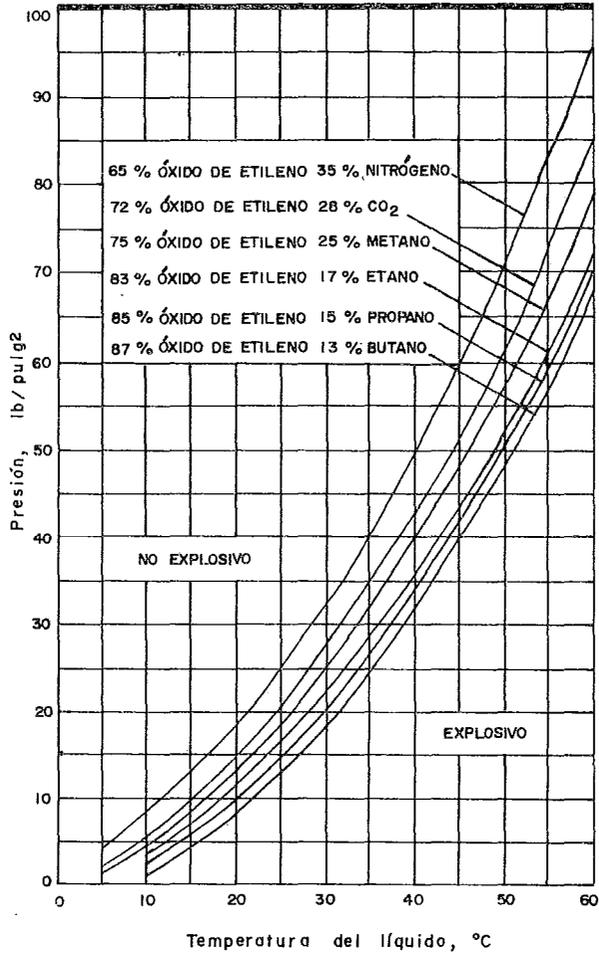


Figura 2.5.

PRESIONES DE OPERACION SEGURAS, QUE SE REQUIEREN EN LAS MEZCLAS DE VAPORES DE OXIDO DE ETILENO Y ALGUNOS DILUYENTES, A VARIAS TEMPERATURAS.

etileno gaseoso.

DILUENTE	% VOL. DILUENTE	% VOL. OXIDO
NITROGENO	25	75
CO <sub>2</sub>	18	82
METANO	15	85
ETANO	7	93
PROPANO	5	95
BUTANO	3	97

Presión inicial:  $2.11 \text{ kg/cm}^2$  ( $30 \text{ lb/in}^2$ ) abs;

Indicador de alambre de platino.

(Para fines prácticos, resulta indispensable conocer la presión mínima, obtenida inyectando diluyente, que es necesario mantener en los recipientes - que contienen óxido de etileno líquido, para garantizar que la fase gaseosa se encontrará siempre en condiciones estables.)

Con tal propósito, se puede usar la gráfica de la figura 2.5, en la cual se ha tomado un margen de seguridad de 10% en la concentración del diluyente y que fué calculada considerando los gases perfectos.

Así pues, si se tiene, por ejemplo óxido de etileno en un acumulador, a una temperatura de  $40^\circ\text{C}$  - - ( $104^\circ\text{F}$ ), es necesario mantener una presión, mediante inyección de nitrógeno, de  $3.52 \text{ kg/cm}^2$  ( $50 \text{ lb/in}^2$ ), con objeto de garantizar que la fase gaseosa sea estable. Si se usa propano o butano como di - -

luyente, bastara con mantener en cambio, una presión de 2.46 ó 2.25 kg/cm<sup>2</sup> (35 ó 32 lb/in<sup>2</sup>), respectivamente.

Algunas experiencias realizadas con indicadores más enérgicos que el alambre de platino caliente, por ejemplo alambre de Nichrome fundido, demuestra que es posible descomponer mezclas aún mas diluidas que las consideradas en la práctica. No obstante, es remota la posibilidad de que existan tales fuentes en el interior del equipo, como no sea en caso de incendio. Por lo tanto, se considera suficiente protección además de la limpieza periódica del equipo y la eliminación de contaminantes, el mantener las presiones indicadas en la gráfica de la figura 2.5 para cada diluyente.

#### II.VI COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS TERNARIAS.

Trátándose de mezclas ternarias, sobre todo cuando el aire es uno de los componentes, la situación es más complicada.

En el caso del CO<sub>2</sub>, por ejemplo, se ha demostrado que una mezcla de 1 parte de óxido de etileno y 9 partes de CO<sub>2</sub> pueden mezclarse con el aire en todas proporciones, sin que resulten mezclas explosivas. En la gráfica de la figura 2.6 se muestra la conducta de las mezclas ternarias de aire, nitrógeno, y óxido de etileno, así como la de las mezclas de metano, aire y óxido de etileno.

Por lo tanto, una mezcla que contenga 30% de óxido de etileno, 30% de aire y 40% de nitrógeno, está exactamente en el límite de explosividad; cual-

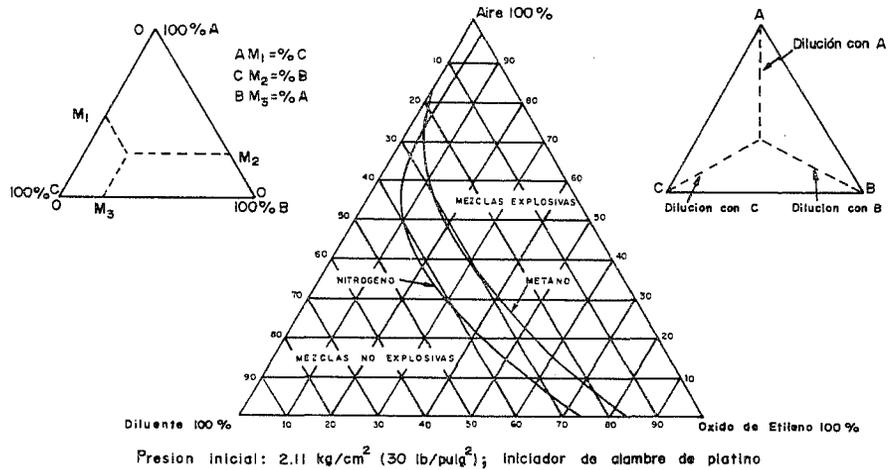


Figura 2.6.

COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS TERNARIAS:

NITROGENO - AIRE - OXIDO DE ETILENO Y

METANO - AIRE - OXIDO DE ETILENO.

quier mezcla más rica en nitrógeno no es explosiva, pero todas las mezclas obtenidas agregando aire o bien óxido de etileno, son explosivas.

Puede observarse que de acuerdo con la gráfica de la figura 2.6, la adición de más aire a una mezcla ternaria óxido de etileno-diluyente-aire, produce finalmente una mezcla demasiado diluida para arder; o sea, dicho de otro modo, las mezclas binarias óxido de etileno-diluyente, tienen un límite superior de explosividad y un límite inferior, cuando contienen por lo menos cierta cantidad del diluyente.

Cuando aumenta la temperatura de una masa de óxido de etileno líquido contenida en un tanque bajo una atmósfera inerte cambian en general, las condiciones de equilibrio entre los vapores y el líquido. En la gráfica de la figura 2.7, se muestran las condiciones de seguridad que deben mantenerse en un recipiente con óxido de etileno líquido cubierto con una fase gaseosa, a la cual se ha agregado nitrógeno como diluyente. En caso de utilizarse otros gases inertes, puede emplearse ésta gráfica, con las zonas de seguridad correspondientes al gas usado.

( Si se emplea como diluyente el nitrógeno en un tanque que contenga óxido de etileno a  $30^{\circ}\text{C}$  ( $86^{\circ}\text{F}$ ) la fase líquida debe estar cubierta con una fase gaseosa aproximada a  $2.25 \text{ kg/cm}^2$  ( $32 \text{ lb/in}^2$ ) para que la dilución del vapor de óxido de etileno garantice su estabilidad; si la presión es más baja, el vapor del producto no se encontrará suficientemente diluido. )

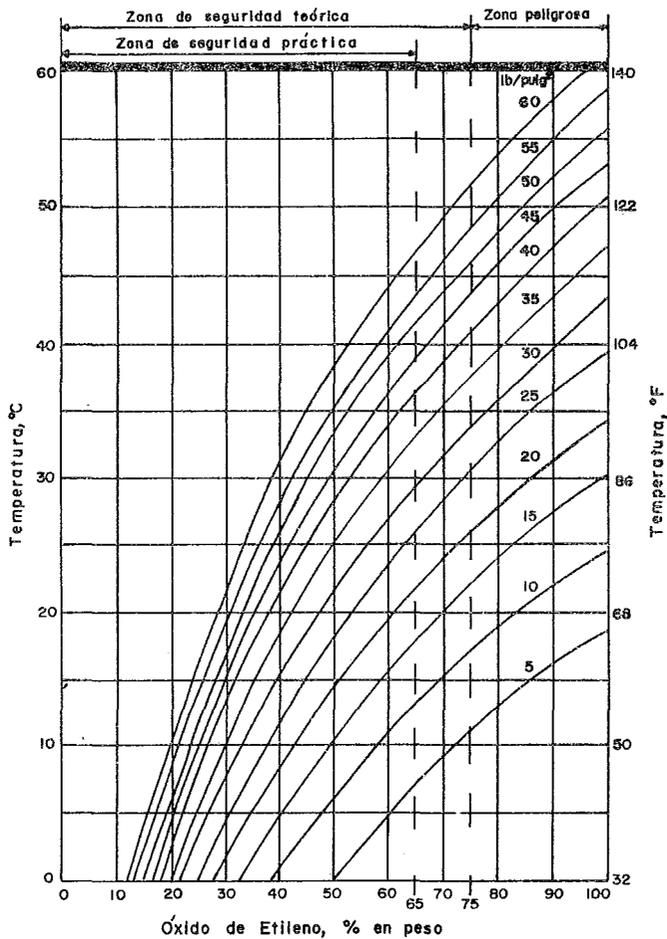


Figura 27.  
 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN MEZCLAS  
 ÓXIDO DE ETILENO - NITRÓGENO.

Con ayuda de la gráfica de la figura 2.7, es posible determinar las condiciones en que deben operarse los recipientes que almacenen durante tiempo prolongado este producto; puede servir también para establecer hasta qué temperatura puede admitirse que opere un tanque de óxido de etileno, cuya presión es conocida y a cuya fase gaseosa se agrega un diluyente.

### CAPITULO III. RECIPIENTE Y ENVASES USUALES.

En virtud de las propiedades inflamables y tóxicas y a la inestabilidad del óxido de etileno, se le debe manejar solamente en los recipientes autorizados, tanto en los centros de producción como en los de distribución.

La mayor cantidad de este producto que se puede embarcar como carga suelta por ferrocarril en un cilindro es de 300 lb (136.2Kg), y en recipientes de otra naturaleza que formen una pieza de 15 lb (6.81 Kg).

El óxido de etileno no debe ser transportado como equipaje. Ninguna parte de los recipientes debe contener cobre o sus aleaciones, ni en general materiales que propicien la formación de acetiluros.

#### III.1 EQUIPOS DE TRANSPORTACION.

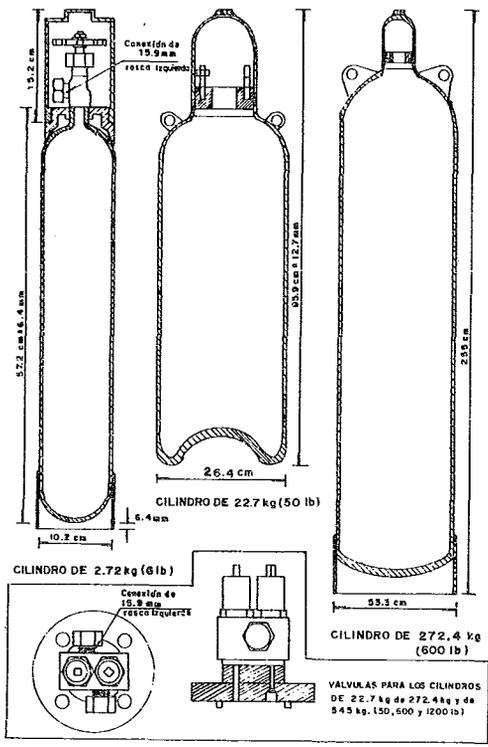
Los cilindros y tambores de acero que se utilizan para el transporte del óxido de etileno son los siguientes:

Recipientes de no más de 0.341 kg (12 onzas) de capacidad diseñados para soportar una presión interna no menor de  $12.7 \text{ kg/cm}^2$  ( $180 \text{ lb/in}^2$ ), dotados de un fusible con diámetro mínimo de 2.6 mm, que opere a una temperatura comprendida entre  $69.4^\circ\text{C}$  y  $76.7^\circ\text{C}$  ( $157^\circ$  y  $170^\circ\text{F}$ ). Estos recipientes deben estar aislados térmicamente excepto el dispositivo de cierre superior, mediante la aplicación de dos capas de pintura aislante (heat-retardant) del tipo apropiado, aplicadas sobre una capa de primario

**FIGURA 3.1**

**FIGURA 3.2**

**FIGURA 3.3**



**FIGURA 3.4**

y terminando con una pintura adecuada a prueba de agua. Se empacarán en cajas de madera o de fibra, de las especificaciones: ICC:15A, 15B, 15C, 16A, ó 12B; cada caja debe contener no más de 12 recipientes y deben estar en una sola cama.

Cilindros de acero (especificaciones ICC:3B, - - - 4AA480, 4B ó 4BA) que no excedan de 113.55 litros (30 galones) de capacidad nominal. Todos los cilindros deben estar dotados de uno o más fusibles cuya área total de desfogue no sea menor de  $0.07823\text{-cm}^2$ , por la capacidad de agua del recipiente en kilogramos para los cilindros hasta de 3.785 litros (1 galón) o de  $0.01707\text{ cm}^2$ , cuando sea mayor de 1 galón y que operen entre  $69.4^\circ$  y  $76.7^\circ\text{C}$  ( $157^\circ$  y  $170^\circ\text{F}$ ).

Cada vez que estos cilindros vayan a llenarse con óxido de etileno, deben probarse previamente con gas inerte a una presión de  $1.06\text{ kg/cm}^2$  ( $15\text{ lb/in}^2$ ).

Los cilindros de más de 1 galón de capacidad deberán contar con válvulas de alivio y tubos eductores y estar aislados térmicamente, mediante la aplicación de 3 capas de pintura aislante (heat-retardant) del tipo aprobado, aplicadas sobre una capa de primario aprobado y terminar con una pintura adecuada a prueba de agua.

Cilindros de 6 lb (2.62 jg) de capacidad de óxido de etileno con un paso bruto de 20 lb (9.08 kg), de 4 pulgadas de diámetro y 2 pies de largo, dotados de una válvula de ángulo en el extremo superior, protegida con un capuchón. Véase la figura -

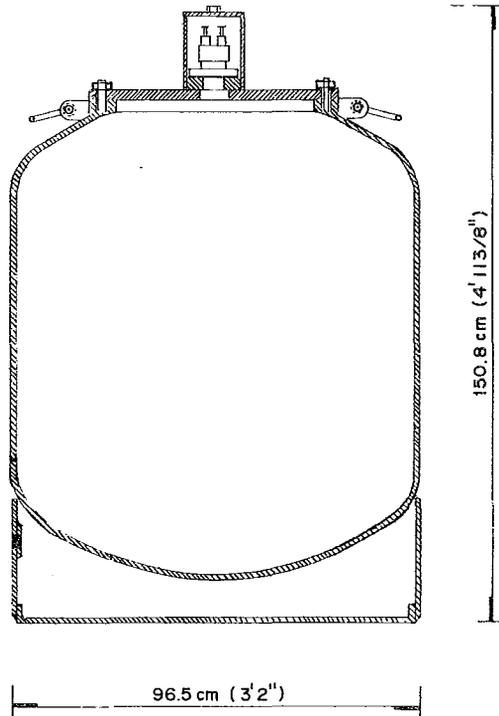


Figura 3.5

RECIPIENTE DESMONTABLE DE 545 kg (1200lb)

### 3.1.

Cilindros de 50 lb (22.7 kg) y 600 lb (272.4 kg) - de capacidad de óxido de etileno provistos con 2 - válvulas, una de ellas sobre un tubo que llegue - hasta el fondo del recipiente. El peso bruto es, - respectivamente, de 150 lb y 1456 lb\* -13 cwt - - (68.3 kg y 660.4 kg). Véanse las figuras 3.2, 3.3- y 3.4.

Recipientes desmontables de 1200 lb (545 kg) de ca- paacidad de óxido de etileno, con peso bruto aproxi- mado de 2025 lb (919 kg), equipados con 2 válvulas del mismo tipo de las usadas en los cilindros men- cionados en el párrafo anterior. Estos recipientes tienen 4 asas alrededor de la tapa, para facilitar su transporte. Véase la figura 3.5.

Tambores recubiertos de aislante térmico de no más de 61 galones de capacidad; con fusibles que ope- ren dentro de los límites de temperatura y con la misma área libre que los equipos enumerados prime- ramente; éstos equipos deben ser probados a 15 lb/ in<sup>2</sup> (1.06 kg/cm<sup>2</sup>) con gas inerte antes de ser lle- nados con óxido de etileno. Deben llevar una clara indicación de cuál es la parte superior y un letre- ro que diga: "ESTE LADO HACIA ARRIBA". Ver figura- 3.6.

Carros tanque recubiertos con aislamiento térmico, de la especificación ICC:105A100", con dos válvu- las de seguridad acondicionadas para empezar a - -

\* 1 hundredweight (cwt) = 112 lb.

abrir a  $75 \text{ lb/in}^2$  ( $5.27 \text{ kg/cm}^2$ ) que cierren herméticamente a  $60 \text{ lb/in}^2$  ( $4.22 \text{ kg/cm}^2$ ) y probados hidrostáticamente a  $100 \text{ lb/in}^2$  ( $7 \text{ kg/cm}^2$ ); o bien, de la especificación ICC-104 y ARA-IVA, con dos válvulas de seguridad iguales a las anteriores pero acondicionadas a abrir a  $60 \text{ lb/in}^2$  y probadas hidrostáticamente a  $75 \text{ lb/in}^2$ ; sin líneas para descargar por el fondo. Ver detalles del interior del domo en la figura 3.7.

En caso de transportar óxido de etileno en Autos tanque, éstos deberán estar aislados térmicamente con un forro de  $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) de espesor y recubiertos exteriormente con lámina de aluminio el domo y los accesorios de éstos Autos tanque son similares a los de los Carros tanque. Suelen llenarse a un 75% de su capacidad de agua (densidad de llenado).

Con frecuencia es necesario tomar muestras de óxido de etileno en pequeña cantidad, para fines de control de la producción y para propósitos de investigación.

El manejo de éstas muestras debe hacerse tomando todas las precauciones establecidas para envasar óxido de etileno en recipientes más voluminosos. Tales muestras invariablemente deben tomarse en recipientes especiales, herméticos y fabricados de acero inoxidable.

Los cilindros para tomar muestras pueden tener una válvula en cada extremo, o bien, tener dos en uno de ellos, en cuyo caso una de las válvulas debe estar conectada a un tubo que llegue hasta el extremo opuesto. Estos recipientes deben ser diseñados-

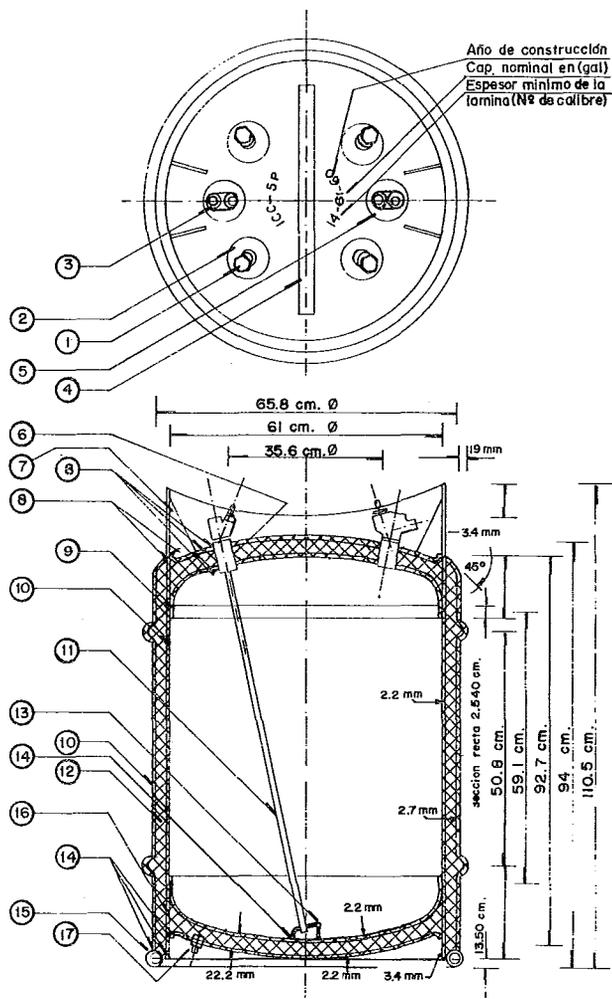


Figura 3.6

DETALLES DE CONSTRUCCION DE LOS TAMBORES, ESPECIFICACION: ICC-5P

DESCRIPCION DE LA FIGURA 3.6.

- 1.- Tapón fusible 11.1 mm. de diámetro. 4 piezas.
- 2.- Arandela de acero forjado de 6.35 mm. de diámetro. 6 piezas.
- 3.- Válvula para presionar o depresionar el cilindro.
- 4.- ESTE LADO HACIA ARRIBA.
- 5.- Válvula para llenar o vaciar el cilindro.
- 6.- Tubería de acero s/c de 33.3 mm. de diámetro exterior, con 0.16 mm. de espesor y 44.5 mm. de largo. 6 piezas.
- 7.- Escuadra de refuerzo de 3.17 mm. de espesor.- 4 piezas.
- 8.- Una pasada con soldadura de arco.
- 9.- Una pasada con soldadura de arco 2 lugares; - ambos extremos.
- 10.- Unión soldada por fusión, costura vertical.
- 11.- Tubería de acero inoxidable s/c de 6.35 mm. de diámetro.
- 12.- Aislante térmico con 25.4 mm. de espesor.
- 13.- Apoyo de acero.
- 14.- Una pasada con soldadura de arco.
- 15.- Tubería de acero de 19 mm. de diámetro.
- 16.- Venteo de 12.7 mm. de diámetro.
- 17.- Tapón para pruebas.

por lo menos para una presión de operación de 150-1b/in<sup>2</sup> (10.6 kg/cm<sup>2</sup>) y serán probados hidrostáticamente a la presión de diseño. Ver figura 3.8.

### III.11 ETIQUETAS, LETREROS Y ADVERTENCIAS.

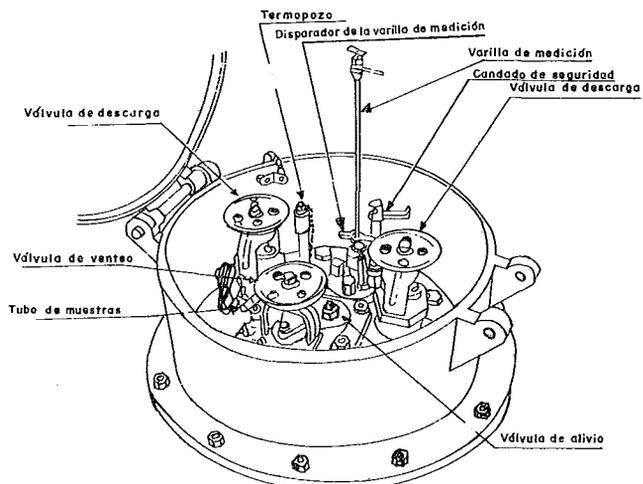
Todo recipiente que contenga óxido de etileno para almacenamiento o transporte, debe ostentar un letrero de tamaño adecuado que indique la naturaleza inflamable del producto. Esta disposición debe aplicarse a los recipientes portátiles, cajas de embarque, autos y carros tanque; asimismo, debe aplicarse a los carros caja y camiones que transporten el producto envasado.

En caso de manejar este producto en recipientes empaquetados en cajas, éstas además de la leyenda INFLAMABLE, deben llevar en las tapas la indicación ESTE LADO HACIA ARRIBA, para asegurar la posición correcta de los envases. Los cilindros para muestras de laboratorio deben tener un letrero que diga: OXIDO DE ETILENO / INFLAMABLE.

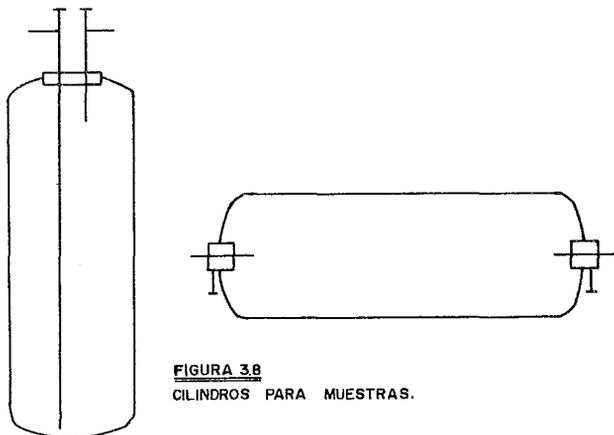
Los cilindros portátiles y cajas de empaque deben llevar una etiqueta cuadrada de papel rojo, de 10-cm. X 10 cm. con el texto indicado en la figura 3.9.

En caso de enviar recipientes en avión, conteniendo óxido de etileno, la etiqueta deberá ser como la muestra la figura 3.10.

Los carros tanque que contengan óxido de etileno deben presentar cuatro etiquetas de cartón blanco, de 27.3 cm. X 27.3 cm. con el texto indicado en la



**FIGURA 3.7**  
DETALLE DEL INTERIOR DEL DOMO DE LOS CARROS TANQUE.



**FIGURA 3.8**  
CILINDROS PARA MUESTRAS.

figura 3.11, escrito diagonalmente en el anverso.- El reverso de éste cartón estará dividido verticalmente en dos partes; la de la derecha será negra y la de la izquierda tendrá la presentación de la figura 3.12. Los letreros deben imprimirse con tinta negra, con excepción de la palabra PELIGROSO, que debe destacar claramente en letras rojas. Una vez que los carros tanque hayan sido vaciados, deberán mostrar el reverso de la etiqueta descrita.

Los carros tanque que transporten óxido de etileno, además de los carteles que indican PELIGRO, deberán llevar un letrero especial en el domo, con las siguientes dimensiones: 10.48 cm. X 27.62 cm. y con el texto que muestra la figura 3.13 en letras de color negro sobre fondo blanco.

Los carros tanque deben tener además, sus registros cerrados herméticamente y equipados con guardas de seguridad, de tal manera que mientras exista presión en el interior del tanque, sea prácticamente imposible la apertura de los registros. Estos carros tanque deberán llevar marcas a los lados de los domos y alineadas con las escaleras de acceso. Estas marcas serán de un color que contraste con el de los domos y deberán tener la forma indicada en la figura 3.14; deberán marcarse con la leyenda "UNICAMENTE PARA OXIDO DE ETILENO".

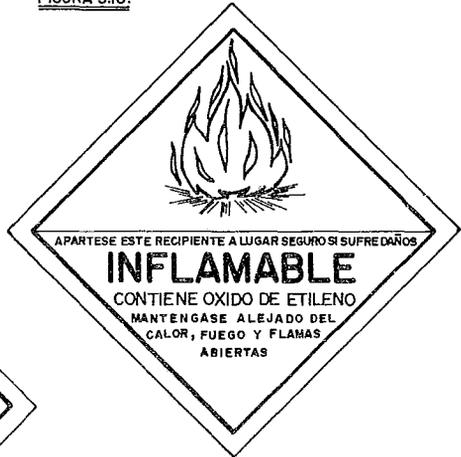
### III. III PRECAUCIONES GENERALES EN LOS RECIPIENTES-VACIOS.

Cuándo hayan quedado vacíos los recipientes retornables empleados para el transporte de ésta sustancia, la etiqueta roja deberá ser cubierta o susti-

**FIGURA 3.9.**



**FIGURA 3.10.**



**FIGURA 3.11.**



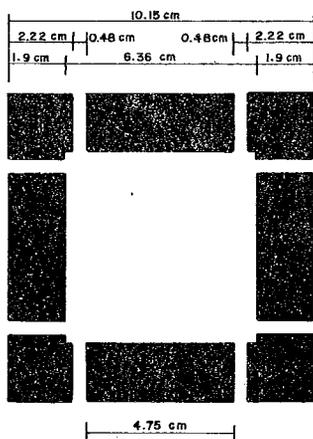
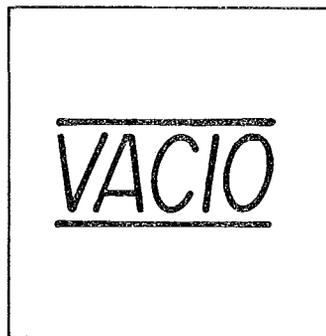
**FIGURA 3.12.**



tuida por una etiqueta blanca de 15.24 cm. X 15.24 cm. (6" X 6"), cuando menos, con la leyenda "VA- - CIO" en letras negras y de altura no menor de 1".

Los recipientes retornables que se utilicen para - éste servicio, deben ser probados periódicamente, - por lo menos cada 5 años, a una presión equivalente a 1.5 veces la presión de servicio. Los carros- - tanque utilizados deben ser objeto también de una - prueba hidrostática periódica, por lo menos cada - 10 años, a las presiones indicadas anteriormente.

Los carros o autos tanque empleados para el trans- - porte deberán probarse hidrostáticamente a 1.5 ve- - ces la presión de diseño. Esta prueba deberá repe- - tirse si se efectúan reparaciones en el tonel o si - el auto o carro tanque estuvo fuera de servicio - por más de 1 año. Las válvulas de alivio deberán - probarse cada 5 años y calibradas de modo que ope- - ren a las presiones indicadas.

FIGURA 3.13.FIGURA 3.14.FIGURA 3.15.

## CAPITULO IV. LLENADO Y DESCARGA DE LOS RECIPIENTES.

Por sus propiedades tóxicas e inflamables, y por su inestabilidad deben tomarse toda clase de precauciones durante el llenado y descarga de los recipientes con óxido de etileno. Con el fin de evitar que los vapores del producto puedan ser respirados, o que el líquido o vapores muy concentrados entren en contacto con la piel, es necesario emplear siempre el equipo de protección personal adecuado.

Es fundamental evitar toda clase de fugas al cargar o descargar el producto; asimismo, es necesario verificar siempre que se utilicen para ello, los envases adecuados que conservan diluidos vapores, mediante el gas inerte adecuado.

### IV.1 RECIPIENTES PARA MUESTRAS.

Los recipientes para muestras, antes de ser cargados, deben de ser purgados completamente con nitrógeno, u otro gas inerte. Al tomar muestras de recipientes que no cuenten con tubo sumergido, deberán invertirse éstos para que salga el producto líquido por la parte inferior; de aquellos recipientes que si cuentan con tubo sumergido, la muestra puede obtenerse por la válvula conectada al tubo, sin necesidad de invertir el recipiente.

Debe mantenerse el recipiente para la muestra enfriado con hielo, o mediante algún otro medio de refrigeración. Normalmente, la presión de los recipientes portátiles es suficiente, en estas condiciones, para tomar la muestra. Cuando se desee to-

mar muestras de acumuladores o tanques de almacenamiento, puede ser necesario subir un poco la presión en el recipiente, mediante la inyección de gas inerte.

Para sacar el contenido de los recipientes con muestras de óxido de etileno, es necesario inyectarles nitrógeno, o algún otro gas inerte, a una presión reducida y adecuada. Si el recipiente con la muestra tiene válvula en los extremos opuestos, el nitrógeno deberá inyectarse por la válvula superior, con el eje del cilindro vertical, y extraer el líquido por la parte inferior.

Si el recipiente tiene un tubo sumergido, deberá inyectarse el gas inerte por la válvula del tubo corto, y extraer el producto por el tubo sumergido. Siempre debe extraerse el producto líquido; si se desea la muestra gaseosa, deberá evaporarse el óxido de etileno en un dispositivo externo adecuado. En caso necesario, puede extraerse el contenido de un recipiente pequeño que no se encuentre aislado, mediante la presión de vapor del propio óxido de etileno, sumergiéndolo en un baño de agua, a no más de 50°C (122°F).

#### IV.11 RECIPIENTES PORTATILES.

Todo recipiente que vaya a ser cargado con óxido de etileno debe ser previamente purgado con gas inerte. Esta precaución nunca debe omitirse, ya que el aire acelera notablemente las reacciones de descomposición del producto y aumenta la inflamabilidad de sus mezclas con gases inertes.

Los recipientes portátiles cargados deben quedar - con una presión de  $2.11 \text{ kg/cm}^2$  ( $30 \text{ lb/in}^2$ ) cuando - menos, si se emplea nitrógeno como gas inerte. En - estas condiciones, puede aumentar la temperatura - hasta  $30^\circ\text{C}$  ( $86^\circ\text{F}$ ) sin que la fase de vapor contenga más de 65% de óxido de etileno.

El producto debe extraerse siempre líquido de los - recipientes portátiles; ya que, si se extrae de la fase gaseosa, se pierde el nitrógeno diluyente, y, - por lo tanto, puede quedar en condiciones inestables la fase de vapores. En algunos casos, no es - suficiente la presión del nitrógeno para expulsar - toda la fase líquida; en tales casos, deberá aumentarse la presión, agregando más nitrógeno antes de vaciar.

Los tambores especificación ICC-5P pueden presio-- narse para facilitar la extracción del líquido a - través del tubo sumergido, hasta  $3.52 \text{ kg/cm}^2$  ( $50 \text{ lb/in}^2$ ) y los recipientes diseñados para soportar - presión superior, hasta  $5.27 \text{ kg/cm}^2$  ( $75 \text{ lb/in}^2$ ).

Durante la descarga y el almacenamiento, los cilindros deben mantenerse en posición vertical.

Los recipientes portátiles descargados deben dejar se con una presión de  $0.703$  a  $0.352 \text{ kg/cm}^2$  ( $10$  a -  $15 \text{ lb/in}^2$ ) con objeto de prevenir la entrada de aire durante el transporte del recipiente al sitio - de llenado. Cuando sea necesario disponer de óxido de etileno gaseoso, se deberá extraer como líquido del recipiente y vaporizarlo en un dispositivo externo adecuado.

Si se desean utilizar pequeñas cantidades de óxido de etileno para hacerlo reaccionar con otras sustancias, debe colocarse siempre una válvula de retención en la línea de salida, con objeto de impedir el retorno del producto hacia el recipiente portátil como se indica en la figura 4.1.

Los recipientes portátiles deben llenarse a través del tubo sumergido, y sobre una báscula, de modo que no se exceda la "densidad de llenado" admitida, la cuál deberá garantizar que el recipiente en ningún caso se encontrará totalmente lleno de líquido a 85°C (185°F). La cantidad que se cargue dependerá de la temperatura del producto introducido al cilindro; por ejemplo, cargando óxido de etileno a 10°C (50°F) es necesario no pasar de una densidad de llenado de 77.8%.

#### IV. I-1-1 AUTOS Y CARROS TANQUE.

Cuando un carro o auto tanque se asigne al transporte de óxido de etileno por primera vez, deben ser objeto de una limpieza escrupulosa, para eliminar toda materia extraña, seguida de una revisión minuciosa del interior.

Todos los accesorios de bronce deben reemplazarse por otros similares de acero y las válvulas de alivio deberán ser del tipo y tamaño de las utilizadas en los carros tanque especificación ICC-105A-100W.

Después de la revisión mencionada, deben purgarse con gas inerte, hasta que el contenido de oxígeno de los gases de salida sea menor del 0.1%, en volu

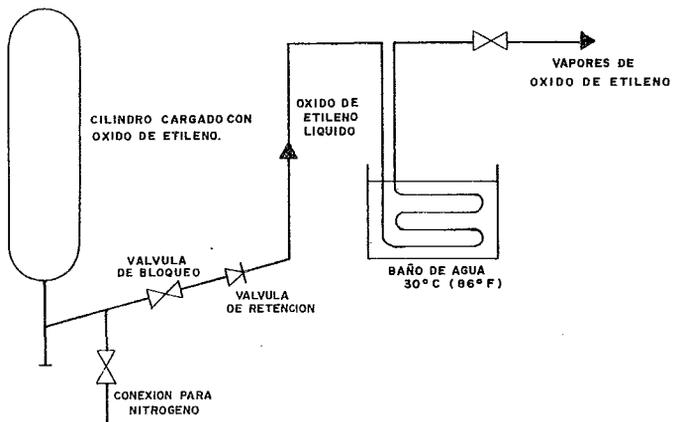


FIGURA 4.1  
 INSTALACION TIPICA PARA VAPORIZAR OXIDO DE ETILENO PROVENIENTE DE LOS CILINDROS.

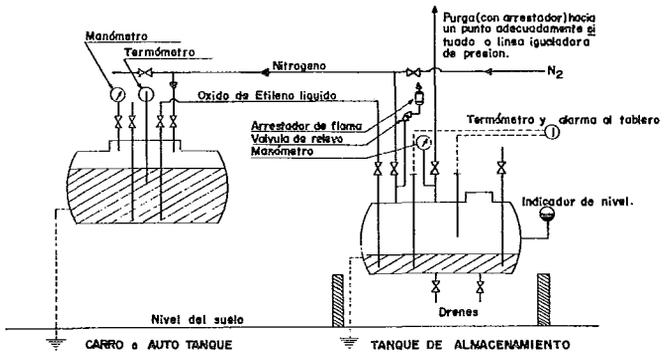


FIGURA 4.2.  
 INSTALACION TIPICA PARA DESCARGAR CARROS O AUTOS TANQUE.

men, determinado analíticamente. El gas inerte debe inyectarse por la línea de vapores y purgarse a la atmósfera por los tubos sumergidos. A continuación, se elevará la presión a  $2.46 \text{ kg/cm}^2$  ( $35 \text{ lb/in}^2$ ) mediante la inyección del gas inerte. Se introduce después al carro tanque una cantidad del producto dentro de especificaciones equivalentes a  $1/10$  de su capacidad; se deja reposar 2 ó 3 horas en el interior del carro y después se vacía y se hace analizar. Si no se encuentra alguna contaminación, se carga el producto hasta la "densidad de llenado" adecuada; para sostener la presión a medida que el carro tanque se llena, es necesario purgar el exceso de gas inerte hacia un sistema de purgas, en el cual se lava la corriente gaseosa con agua para absorber el óxido de etileno arrastrado. Una vez que se ha cargado la cantidad adecuada del producto determinada por el nivel y la temperatura, o bien directamente por peso, se toma una muestra y se cierran todas las válvulas del domo, colocándoles sus tapones.

Respecto a la "densidad de llenado", se calculará partiendo de que debe dejarse suficiente espacio interior vacío, para que el tonel no se encuentre totalmente lleno, a una temperatura de  $40.6^\circ\text{C}$  ( $105^\circ\text{F}$ ), y así impedir salidas del producto a través de los dispositivos de alivio, o deformaciones en el tonel debidas a la expansión del contenido por el aumento de temperatura durante el tránsito. La cantidad que se cargue dependerá de la temperatura del producto introducido al carro tanque; por ejemplo, cargando óxido de etileno a  $10^\circ\text{C}$  ( $50^\circ\text{F}$ ), es necesario no pasar de una densidad de llenado de  $83.2\%$ .

Mientras se cargan o descargan los carros o autos-tanque con óxido de etileno, deben tomarse las siguientes precauciones:

- a) Mantener el carro o auto tanque conectado eléctricamente a tierra, a modo de disipar la electricidad estática.
- b) Mantener el carro o auto tanque frenado.
- c) Colocar desviadores en las vías, a la distancia adecuada.

#### IV. IV DESCARGA A EQUIPO DE ALMACENAMIENTO.

Para descargar los carros o autos tanque hacia un-tanque de almacenamiento debe usarse una instalación similar a la indicada en la figura 4.2, con un medio de enfriamiento adecuado para el óxido de etileno que se tenga almacenado.

Para efectuar la descarga, conviene seguir el procedimiento siguiente:

- a) Pesar el carro o auto tanque.
- b) Conectar las tierras.
- c) Revisar el sistema para comprobar que los manómetros, indicadores de temperatura, nivel, así como el arrestador de flama o la línea igualadora de presión, se encuentran en operación.
- d) Verificar el estado del tanque que va a recibir el producto: En caso necesario hacer limpieza del interior. Agregar nitrógeno hasta obtener una presión de 0.352 a 0.703 kg/cm<sup>2</sup> (5 a 10 lb/in<sup>2</sup>).

- e) Conectar el carro o auto tanque a través de una válvula con tubo sumergido. Las líneas de conexión deben ser de acero inoxidable.
- f) Inyectar nitrógeno al auto o carro tanque hasta obtener una presión de  $2.11 \text{ kg/cm}^2$  ( $30 \text{ lb/in}^2$ ).
- g) Abrir lentamente las válvulas de la línea de producto líquido para que éste fluya hacia el depósito. Es necesario vigilar la presión del carro tanque, agregando el nitrógeno necesario para mantenerla.
- h) Purgar el depósito que recibe el producto para que la presión no aumente en su interior.
- i) Al terminar de vaciar el carro tanque, soplar la línea de óxido de etileno líquido y desconectar el carro tanque; se debe dejar una presión en el interior de éste, de aproximadamente,  $2 \text{ kg/cm}^2$  ( $28.4 \text{ lb/in}^2$ ).
- j) Inyectar nitrógeno al tanque de almacenamiento; hasta que su presión suba a  $2.46 \text{ kg/cm}^2$  ( $35 \text{ lb/in}^2$ ).
- k) Volver a pesar el carro o auto tanque.
- l) Revisar el sistema de enfriamiento del tanque de almacenamiento y dejarlo operando correctamente.
- m) Puede usarse una bomba para descargar los carros tanque. En tal caso, no es necesario inyectar nitrógeno al carro tanque; pero el tanque de almacenamiento debe quedar con la presión adecuada.

## CAPITULO V. ALMACENAMIENTO Y MANEJO:

En virtud de la inestabilidad, inflamabilidad y toxicidad del óxido de etileno, es preciso para su manejo y almacenamiento seguir los procedimientos y tomar las precauciones que se indican a continuación, ya sea que se trate de recipiente portátiles, o de tanques fijos de gran capacidad.

### V.1 ALMACENAMIENTO DE RECIPIENTES PORTATILES.

Las bodegas o locales usados para almacenar óxido de etileno en cilindros portátiles deben ser ventilados y frescos. No es conveniente que simultáneamente se almacene en éstas bodegas, explosivos, detonadores, materias combustibles u oxidantes, o -- bien productos tóxicos.

De preferencia, los locales usados deben ser abiertos; por ejemplo, pueden usarse sitios techados, - pero descubiertos por los lados, siempre que el piso y las condiciones generales del local garanticen que no se formarán acumulaciones de basura, - tierra, pólvo, nieve o agua.

Los cilindros de óxido de etileno no deben estar - expuestos directamente a los rayos del sol, sobre todo si no están cubiertos con material o pintura aislante. La temperatura del líquido contenido no debe pasar de 25°C (77°F).

Las bodegas usadas para almacenar cilindros con este producto deben tener drenajes con sello hidráulicos y conexiones e instalaciones eléctricas apegadas al CODIGO NACIONAL ELECTRICO y al REGLAMENTO

DE SELECCION DEL EQUIPO ELECTRICO EN LUGARES PELIGROSOS POR LA PRESENCIA DE GASES INFLAMABLES. (Norma de Seguridad Pemex AV11-5).

### V.11 ALMACENAMIENTO EN TANQUES FIJOS.

El óxido de etileno en cantidades de importancia - se almacena en tanques de acero diseñados para trabajar a  $7 \text{ kg/cm}^2$  ( $100 \text{ lb/in}^2$ ). Tanto las líneas de entrada como las de salida de producto, es conveniente que lleguen hasta el fondo del tanque. Estos tanques deben estar provistos, invariablemente, con dispositivos adecuados para inyectarles un gas inerte, a modo de mantener una presión fija; asimismo, deben estar dotados de un control de presión que deje escapar el exceso de vapores cuando los tanques están recibiendo. La línea de escape de éstos vapores debe pasar a través de un arrestador de flama antes de descargar a la atmósfera. Asimismo, debe contar, después del arrestador, con una inyección de vapor de agua o gases inertes destinada a apagar los vapores del producto, en caso de que se inflamen. Los tanques de almacenamiento deben contar siempre con termómetro, manómetro e indicador de nivel (de preferencia que no sea de vidrio); deben existir también, una o dos purgas y un registro de cuando menos  $45.7 \text{ cm}$  ( $18''$ ). Ver figura 5.1.

Los tanques de almacenamiento deben encontrarse dentro de un área rodeada por muros de contención. El volumen de los diques debe ser por lo menos igual al 100% del volumen del recipiente mayor que contengan. La altura de los muros de contención debe estar entre  $1.5 \text{ m}$  y  $1.8 \text{ m}$  ( $5$  y  $6$  pies). El área

interior de los diques debe contar con un drenaje adecuado para las aguas pluviales y debe mantenerse totalmente libre de yerba, así como tener una franja de 7.6 m (25 pies) alrededor de ella.

Los tanques de almacenamiento de óxido de etileno no deben encontrarse dentro de la misma área rodeada por muros que contengan otros tanques con productos inflamables distintos.

Deben estar situados cuando menos a 3 m (10 pies) de los muros y cuando menos a 6 m (20 pies) de cualquier otro tanque que contenga líquido inflamable.

Los tanques de almacenamiento, así como las tuberías, deben conectarse a tierra para evitar acumulación de electricidad estática.

Estos tanques deben contar con instalaciones fijas para enfriamiento mediante aspersión de agua.

Las distancias entre los tanques y las construcciones o vías públicas más cercanas no deben ser menores de 7.6 m.

La distancia entre tanques adyacentes debe ser cuando menos  $1/4$  de la suma de los diámetros de los mismos.

Los tanques de almacenamiento de óxido de etileno no deben llenarse a más del 85% del volumen total de capacidad de agua del tanque. Debe mantenerse siempre a éstos tanques bien pintados para evitar la oxidación exterior. Es recomendable mantenerlos

cubiertos por material aislante térmico. El óxido de etileno puede almacenarse a temperaturas hasta de 30°C (86°F). Sin embargo, suele dotarse a los tanques de sistemas de enfriamiento para mantener el líquido a menor temperatura. Las temperaturas más comunes de operación de los tanques son de 5°C hasta 25°C (41°F hasta 77°F). Cada una de ellas presenta ciertas ventajas y ciertos inconvenientes:

- a) A baja temperatura puede formarse hidrato, cuyo punto de fusión es 11.1°C (52°F), causando tapos peligrosos.
- b) A temperatura ambiente es mayor la rapidez del desprendimiento de calor, en caso de ocurrir polimerización por contaminación accidental.
- c) En caso de almacenar el producto a temperatura ambiente, es necesario mantener el equipo, rigurosamente limpio y excluir toda contaminación posible.

En la línea de descarga de los tanques de almacenamiento puede instalarse una célula de conductividad, que indique la presencia de contaminantes.

La dilución del óxido de etileno con tres partes de agua, permite muy poca evaporación del producto; sin embargo, en las áreas de almacenamiento debe tenerse en cuenta, en casos de derrames o fugas, que una solución acuosa del óxido es inflamable hasta concentraciones tan bajas como 22 partes de agua por una parte de óxido.

Las válvulas, conexiones y aparatos de control co--

nectados directamente a los recipientes o líneas - que contengan óxido de etileno no deben tener partes de cobre o sus aleaciones, ni de plata, magnesio u otros metales que formen acetiluros por el - peligro de que las pequeñas cantidades de acetileno, contenidas en el producto, formen esos compuestos que son explosivos. El material recomendable - para éstos fines, es el acero inoxidable y debe - ser adecuado para una presión de trabajo por lo me - nos de  $10.6 \text{ kg/cm}^2$  ( $150 \text{ lb/in}^2$ ).

Es indispensable mantener siempre en servicio y en buenas condiciones de trabajo los dispositivos de alivio de los recipientes que contengan óxido de - etileno. Tales dispositivos reducen considerablemente la presión generada durante una descomposi-- ción explosiva del óxido de etileno; no obstante, - aun en tales condiciones existe riesgo de ruptura. Expuestos al fuego, estallan cilindros de acero di - señados para  $70 \text{ kg/cm}^2$  ( $1000 \text{ lb/in}^2$ ), cuando con-- tienen este producto. La presión generada por una - descomposición explosiva depende de la relación - existente entre el área exterior y el volumen del - recipiente.

La presión absoluta generada puede obtenerse multi - plicando, la presión absoluta inicial (al producir - se la descomposición), por un factor que va desde - 4, tratándose de pequeños recipientes, hasta 11 o - más, tratándose de recipientes cuya capacidad exce - da de 227 litros (60 galones).

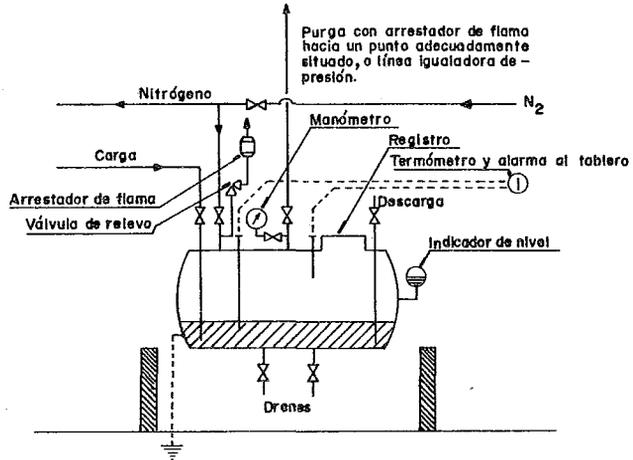
La rapidez de descomposición es muy grande y se re - gistran aumentos de temperatura de varios cientos - de grados centígrados, en milésimas de segundo.

### V. III CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y MATERIALES USADOS.

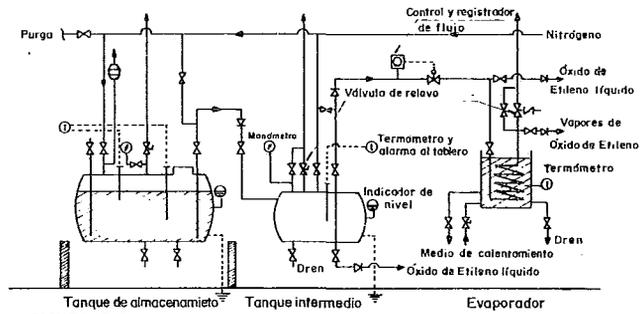
Los materiales más recomendables para trabajar en contacto con este producto son el acero al carbón y el acero inoxidable. El material más indicado para la construcción de discos de ruptura, es el níquel. El panel de los arrestadores de flama debe construirse, de preferencia, de lámina de acero inoxidable.

Dada la tendencia del óxido de etileno a escapar por pequeños orificios o ranuras, deben usarse de preferencia conexiones soldadas y bridas, en vez de conexiones roscadas, en las líneas que contengan este producto. Los materiales de empaque más adecuados para bridas y registros son los cartones de asbesto comprimido de buena calidad (tales como: "Red Klingerite", "Unilion", "Garlock 7021", u otros semejantes). Las válvulas y los estoperos de las bombas pueden empacarse con cordón de asbesto, reforzado con alambre de metal blanco (tal como: "Tabard # 141" u otro semejante) o chevrón (tal como: "Garlock # 530" u otro semejante); también pueden usarse anillos de teflón, siempre que tenga un buen acabado la flecha o vástago. El polietileno resiste en forma excelente la acción del óxido de etileno, el poliestireno se comporta menos bien y el hule natural, así como el cloruro de polivinilo, se hinchan y se vuelven porosos a la larga.

Para manejar este producto se pueden usar tanto bombas centrífugas como reciprocantes. En caso de usarse bombas reciprocantes, la camisa, el émbolo y los anillos deben ser de hierro fundido, no lu-



**FIGURA 5.1**  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO.



**FIGURA 5.2**  
INSTALACION TÍPICA PARA TRANSFERIR EL ÓXIDO DE ETILENO CONTENIDO EN TANQUES AL PROCESO

bricados y el cilindro puede ser de acero o de hierro fundido. Las válvulas y sus guías deben ser de acero inoxidable.

En el diseño de tuberías que manejan óxido de etileno, tanto gaseoso como líquido, deben evitarse los puntos bajos donde puedan acumularse polímeros. El polímero es soluble en óxido de etileno y en agua, pero puede originar estancamientos que propicien la descomposición del óxido de etileno.

En los locales cerrados en que se maneje óxido de etileno, es necesario que exista un sistema de ventilación forzada, para eliminar los vapores desprendidos en caso de fugas o derrames. Se considera suficiente que este sistema de ventilación forzada asegure doce cambios de aire por hora.

Debe contarse con un control manual remoto, que permita poner en servicio la ventilación en caso necesario.

Todas las herramientas usadas en las áreas de proceso cuando se encuentran en operación, y en los lugares en que se almacena o maneja el producto, deben ser de materiales que produzcan chispas de baja energía, como las aleaciones de cobre, berilio o los aceros inoxidables.

Los recipientes de proceso o almacenamiento que contengan óxido de etileno deben conservarse siempre conectados eléctricamente a tierra; las líneas de carga deben entrar por el fondo o llegar a éste. Conviene que estas tuberías cuando descarguen directamente al tanque, se conecten tangencialmente-

a la pared interior del recipiente, para que sea mínima la generación de electricidad estática.

#### V. IV PRECAUCIONES PREVIAS A LA OPERACION.

Además de las precauciones y pruebas normales a que se somete el equipo de proceso en general, aquellas partes del mismo que deberán manejar óxido de etileno deben ser objeto de medidas y atenciones especiales, encaminadas fundamentalmente a lograr una limpieza absoluta del equipo y una hermeticidad completa.

Durante la construcción deben eliminarse de inmediato todos los depósitos de basura, o herrumbre que se formen dentro del equipo. Al iniciar la operación, se colocarán temporalmente mallas o coladeras en las líneas de succión de todas las bombas. Se recomienda hacer un lavado químico apropiado del equipo, por ejemplo con una solución de ácido cítrico inhibido, una vez terminada su instalación, purgando depósitos acumulados o arrastrados, por todos los puntos bajos del equipo; esta vigilancia debe extenderse a las primeras semanas de operación.

Donde sea necesario, como por ejemplo en los tubos de acero inoxidable de los reactores, deben cepillarse las superficies metálicas, seguido de una buena limpieza antes de la clausura del equipo.

Las pruebas hidrostáticas deben ser objeto de un programa bien definido, para evitar omisiones o errores al efectuarlas. El agua para las pruebas debe contener un inhibidor contra la oxidación,

con objeto de reducir al mínimo la formación de herrumbre.

Las pruebas deben efectuarse en fechas lo más cercanas que sea posible a la iniciación de la operación del equipo. El equipo debe quedar perfectamente seco después de la prueba, si es necesario, calentándolo con vapor y circulando aire, o introduciendo aire caliente.

Aquellas partes del equipo que no se sometan a prueba hidrostática, deben ser objeto de una prueba neumática. En la realización de esta prueba, deben tomarse precauciones semejantes a las mencionadas para las hidrostáticas; el aire utilizado debe ser completamente limpio y seco.

Con objeto de evitar contaminaciones y fugas, ciertas partes del equipo, además de las pruebas hidrostáticas, deben someterse a pruebas especiales, que aseguren su hermeticidad.

#### V.V SISTEMAS Y PRACTICAS DE OPERACION.

Con el fin de evitar fallas mecánicas del equipo, fugas y otros trastornos durante la operación, deben seguirse buenas prácticas y sistemas de trabajo que promuevan la seguridad general. Entre otras cosas, se recomiendan las siguientes:

- a) Efectuar todos los movimientos de operación con calma y serenidad. Abrir y cerrar las válvulas poco a poco, sin forzarlas; una vez abiertas dos o tres vueltas, esperar unos segundos hasta que se perciba el efecto causado en el proceso.

Nunca deben usarse llaves grandes para abrir o cerrar válvulas pequeñas.

- b) Antes de iniciar una operación, revisar todas - las líneas y recipientes afectados, en especial las purgas y venteos. Comprobar que estén en - servicio los aparatos de control, manómetros, - niveles, etc., que deben operar.
- c) Operar primero los instrumentos de control en - la condición "Manual", haciendo los ajustes necesarios hasta que se haya normalizado la operación. Cuando la señal de aire de los aparatos - neumáticos se ha normalizado, podrá pasarse a - la condición "Automático".
- d) Al poner en servicio serpentines de calentamiento y líneas de vapor de agua, abrir la alimentación lentamente; debe despegarse la válvula de alimentación y esperar que se inicie el flujo, - antes de abrir completamente esa válvula, con - objeto de evitar calentamientos bruscos.
- e) Revisar cuidadosamente el equipo y los aparatos de control siempre que se noten ruidos, obstrucciones, vibraciones y, en general, condiciones - anormales en el proceso. Los cambios inesperados de flujo, presión o temperatura indican, - por lo común, fallas de las bombas o controles - que pueden ser corregidos antes de que causen - trastornos mayores.
- f) Los cambios en las condiciones de control deben ser efectuados poco a poco para evitar golpes - de ariete, oscilaciones excesivas o esfuerzos -

térmicos en los aparatos.

- g) Deben registrarse todas las anomalías que no puedan ser corregidas estando el equipo en operación, de modo que no se omita atenderlas en la primera oportunidad.
- h) Al iniciarse un nuevo período de operación del equipo, conviene comparar las presiones, temperaturas y flujos, así como las posiciones de las válvulas automáticas, señales de aire, etc., con las que prevalecían en la "corrida anterior", e investigar la causa de las diferencias notables.

#### V.VI MANEJO DEL PRODUCTO PARA OTROS PROCESOS.

En la figura 4.1 se muestra una instalación simple, que se emplea sobre todo para vaciar cilindros de óxido de etileno y evaporar el producto. En aquellos casos en que se le utiliza para alimentar reactores, en fase líquida o gaseosa, es conveniente contar con una instalación como la que se muestra en la figura 5.2. Este sistema es susceptible de modificación de acuerdo con las necesidades y volumen de producto manejado. Pero, en ningún caso deben cambiarse las características generales de la instalación, ni omitirse los dispositivos de seguridad que se muestran.

Para presionar los recipientes de modo que la fase de vapores se encuentre siempre en condiciones estables, para expulsar el aire de los recipientes y líneas antes de cargar el óxido de etileno y para transferir por presión el producto líquido de -

un tanque a otro o del tanque intermedio al evaporador, debe usarse nitrógeno seco y limpio con menos de 0.2% de oxígeno.

Los tanques de almacenamiento general no deben - - usarse para alimentar directamente el serpentín - del evaporador. Debe existir un tanque intermedio, el cual puede estar montado sobre una báscula, para fines de medición de la cantidad de óxido de - etileno utilizada en una operación. Todos los tanques deben estar conectados a tierra; las líneas - de alimentación del producto líquido deben llegar hasta el fondo. Las líneas de venteo deben descargar siempre a través de un arrestador de flama, en un sitio adecuado por su altura y posición. Los - tanques deben tener indicadores de nivel, presión y temperatura; así como los dispositivos de alivio que sean necesarios, de preferencia por duplicado.

Los reactores que reciben como una de sus corrientes de alimentación óxido de etileno, deben contar con inyección de gas inerte para el caso de que se forme en ellos una fase gaseosa. La agitación debe ser lo más completa posible, con objeto de que el óxido de etileno se absorba y se eviten las "bol--sas" del producto líquido; de esta manera se man--tiene el control de la reacción. Debe mantenerse - estable la temperatura, ya que la actividad química del óxido de etileno aumenta considerablemente a temperaturas elevadas. También debe contarse con un dispositivo de alivio, de preferencia doble, pa--ra evitar aumentos exagerados de presión y válvu--las de retención en los sitios convenientes, a fin de evitar flujos inversos. Todas las tuberías y re--cipientes deben ser de acero o acero inoxidable -

18-8; en caso necesario, puede usarse aluminio o - niquel en los sitios y aparatos que resulte práctico.

#### V.VII DETERMINACIONES DEL PRODUCTO EN LA ATMOSFERA.

Dadas las propiedades tóxicas del óxido de etileno, resulta conveniente determinar el contenido de este producto en la atmósfera de las bodegas, laboratorios, áreas de proceso de las plantas, zonas de almacenamiento, sitios de envasado ó descarga, - - etc., con el fin de evitar que el personal se vea expuesto a concentraciones superiores a las autorizadas.

Para determinar concentraciones de este producto, - del orden de 10 ppm ( $18 \text{ mg/m}^3$ ) y aún más bajas, - puede usarse un procedimiento de laboratorio en - que el óxido de etileno se convierte en la halohidrina correspondiente, en el seno de una solución-ácida de cloruro o bromuro de magnesio, y es cuantificado después midiendo el ácido absorbido en la reacción.

Tratándose de concentraciones de óxido de etileno- superiores a 0.1% (por ejemplo, en el interior de recipientes que han sido abiertos para su limpieza o reparación) se puede utilizar un método cromatográfico, empleando como gas de arrastre hidrógeno.

## CAPITULO VI. RECOMENDACIONES GENERALES Y ATENCION-MEDICA.

### VI.1 REPARACION Y LIMPIEZA DE TANQUES Y EQUIPO.

Durante las reparaciones del equipo debe tenerse particular cuidado de que se utilicen materiales apropiados para sustituir piezas o partes dañadas. No deben reemplazarse piezas cuyo material es de composición desconocida, sin autorización expresa de una persona autorizada, quien deberá comprobar que el nuevo material no es objetable.

Para abrir registros y desconectar bridas debe usarse invariablemente herramienta de seguridad antichispa. Este tipo de trabajos requiere también el uso de equipo de protección personal adecuado. Todos los trabajos que impliquen abrir o desconectar piezas del equipo, entrar a recipientes o manejar materiales tóxicos o inflamables en recipientes abiertos, deben hacerse siempre de modo que junto a los trabajadores que los ejecutan, exista siempre una o varias personas cuya misión sea exclusivamente vigilar a quienes realizan la labor, en previsión de accidentes, intoxicaciones, derrames, fugas o incendios. Estas personas deberán estar provistas de equipos de respiración con alimentación independiente de aire, o bien, autosuficientes. También deberá disponerse del equipo contra incendio adecuado.

Antes de abrir recipientes o líneas que hayan contenido o se presuma que contengan óxido de etileno, aunque se encuentre mezclado con otras sustancias, debe extraerse todo el líquido contenido, de prefe

rencia pasándolo a otros recipientes cerrados. A continuación, los vapores remanentes deben ser arrastrados con un gas inerte; en caso de que el gas usado para el arraste sea inflamable, deberá llenarse después el recipiente con agua para eliminar toda materia inflamable antes de abrir o desconectar. Si no se dispone de gas inerte, pueden eliminarse los vapores llenando con agua totalmente, sin olvidar la inflamabilidad propia de las mezclas aún muy diluidas para tomar, por lo tanto, las precauciones del caso al purgar el agua hacia los drenajes.

La presencia de vapores de óxido de etileno es indicada por los explosímetros adecuados (por ejemplo, M-2 ó M-5 de Mine Safety Appliances o similares); el olor del producto, semejante al del éter-etílico, es también una buena advertencia en caso de fugas o derrames.

Antes de iniciar la operación de abrir registros o desconectar bridas, debe hacerse una revisión general del área para comprobar que no existan fuentes de ignición, como por ejemplo, equipo eléctrico vivo que no sea a prueba de explosión u operarios soldando o cortando en las cercanías, personas fumando o haciendo fuegos abiertos de otra índole, equipo en operación con hogares abiertos, líneas o recipientes a muy alta temperatura, motores de combustión interna en servicio, etc.

Las tuberías o recipientes que se pretendan abrir o destapar deberán encontrarse totalmente aislados mediante la colocación de juntas ciegas en todas las posibles fuentes de contaminación. Además, de-

berá comprobarse plenamente que las tuberías o recipientes han sido lavados con gas inerte, o llenados con agua y vaciados, como se indicó anteriormente.

#### VI.11 ENTRADA A LOS RECIPIENTES Y DESECHO DE MATERIALES.

Cuando sea necesario efectuar trabajos en el interior de un recipiente que haya contenido óxido de etileno, deberá comprobarse que no haya gases inflamables en su interior, y además, verificar que la concentración de óxido de etileno no es superior a los límites establecidos, así como, que no existe deficiencia de oxígeno, o sea, que por lo menos haya un 16% de éste gas en el ambiente interior.

Todo trabajo realizado en las condiciones señaladas, debe realizarse sin embargo, con máscaras con bote químico adecuado para óxido de etileno. En el exterior del recipiente, deben permanecer una o varias personas y, como se dijo anteriormente, deberán contar con un equipo de protección respiratoria autosuficiente. Todas las personas que realicen trabajos de limpieza o reparación en el interior, deben estar provistas de casco, guantes, botas y ropa de hule.

Las extensiones eléctricas usadas para alumbrado en el interior de recipientes, ya sea para la ejecución de trabajos de limpieza o para reparaciones, deben ser extensiones de cable para uso rudo, en perfectas condiciones, con aditamentos a prueba de explosión; o bien extensiones blindadas de metal -

antichispa, construidas a prueba de explosión.

Cuando sea inevitable vaciar el contenido líquido o sólido de recipientes o tuberías, de preferencia se hará envasándolo en tambores para incinerar su contenido en un sitio lejano. Sólo en último extremo, debe vaciarse este tipo de material al drenaje; en tal caso, se tomarán las precauciones necesarias y la operación se hará lentamente.

Las purgas de vapores de óxido de etileno hacia la atmósfera sólo deben efectuarse cuando no exista otro medio para eliminarlos; conviene realizarlas a través de un arrestador de flama y dando salida a los vapores en un sitio alejado de toda posible fuente de ignición y donde no se encuentren laborando personas sin protección respiratoria adecuada.

#### VI. III EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

Dependiendo de las condiciones de trabajo, puede usarse el siguiente equipo de protección respiratoria:

- a) Máscaras con bote químico. Deben usarse con el bote químico apropiado para óxido de etileno; en caso de tratarse de mezclas de óxido de etileno con monóxido de carbono, debe usarse un bote químico "Para uso Universal" y controlarse cuidadosamente el tiempo de uso del bote. No debe usarse este tipo de protección respiratoria durante más de 30 minutos de acuerdo con los registros de cada unidad; tampoco debe emplearse cuando la concentración de oxígeno en el aire -

es menor de 16%, ni cuando la concentración de óxido de etileno es mayor del 2%.

- b) Máscaras con aire forzado. Es preferible usar-- las con alimentación proporcionada por un soplador de lubricación externa; sin embargo, con filtros adecuados puede usarse aire de las tuberías de aire comprimido de servicio. No debe emplearse este tipo de protección respiratoria para ejecutar trabajos en condiciones o sitios en los que no exista una vía fácil de escape, en caso de fallar por alguna razón imprevista la alimentación de aire. Este tipo de protección se complementará con personas que vigilarán la labor, exteriormente y con equipo del mismo tipo.
- c) Aparatos autosuficientes. Existen dos clases: - los dotados de cilindros de aire comprimido y - los que regeneran el oxígeno, absorben el vapor de agua y eliminan el bióxido de carbono. La principal limitación de estas dos clases de equipos consiste en que su peso y volumen los hace poco apropiados para trabajar con ellos en el interior de torres y recipientes.

Cuando existan riesgos de sufrir salpicaduras de óxido de etileno en la cara o en los ojos, deberán llevarse puestas gafas o monogafas de seguridad contra salpicaduras, perfectamente ajustadas a la cara y de material inastillable.

Con objeto de reducir al mínimo el riesgo de que el trabajador reciba golpes en la cabeza que lo im

posibiliten para abandonar el área peligrosa, deberá ser regla permanente el uso del casco de seguridad en las operaciones.

Los zapatos de cuero suelen impregnarse de óxido de etileno por lo cual se producen ampollas en los pies de los trabajadores. El calzado de cuero que se ha impregnado totalmente debe ser destruido, pues es muy difícil limpiarlo bien. Pueden usarse botas o zapatos de hule u otro material resistente, ya sea encima del calzado de cuero, o solamente las botas. Deberá usarse en todas las operaciones, guantes de hule; en caso de ser necesario, por la naturaleza de la labor se usará, asimismo, equipo impermeable de varias piezas, o del tipo llamado de "buzo". Ver figura 6.1.

Los trabajadores que ejecuten labores de inspección, reparación o limpieza en equipo, deberán ser dotados de cinturones de seguridad para mover personas inconscientes, con el cabo de vida adecuado a las circunstancias.

El hule natural, como se ha mencionado, es un material bastante adecuado para los equipos de protección en contacto con óxido de etileno. Se puede utilizar también para este servicio, equipo de polietileno o de cloruro de polivinilo. Todo el equipo de seguridad personal debe mantenerse en perfectas condiciones y ser revisado siempre, antes de usarlo. En las áreas en que se manejen cantidades considerables de óxido de etileno deben existir regaderas de seguridad y varias fuentes lava ojos conectadas a tuberías de agua limpia.

### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL



#### VI. IV RECOMENDACIONES CONTRA INCENDIO.

Los incendios de óxido de etileno deben combatirse en la forma general en que se combaten los incendios de gases inflamables. Los mejores resultados, en incendios pequeños, se obtienen con extinguidores portátiles de bióxido de carbono o de polvo químico seco. Los incendios de consideración son difíciles de apagar con agua, ya que, como se indicó anteriormente, las soluciones aún muy diluidas siguen siendo inflamables. En tales casos, es necesario eliminar la fuga o alimentación del fuego.

En caso de incendio, debe evitarse que se sobrecalienten los tanques, cilindros o recipientes que contengan óxido de etileno. Es conveniente protegerlos con abundante niebla de agua, mientras se aísla el fuego y eliminan las fugas. Son particularmente peligrosas las mezclas de aire con vapores de óxido de etileno, por lo tanto, deben tomarse providencias para absorberlos, en caso de escapes, en grandes cantidades de agua, lo que disminuye mucho el desprendimiento de vapores, aunque siga siendo inflamable; de este modo se evita que los vapores se extiendan y lleguen a las posibles fuentes de ignición.

Los sistemas de ventilación forzada y de aspersion con agua que se encuentren instalados en las áreas de proceso, almacenamiento, llenado o descarga, deberán mantenerse siempre en buenas condiciones y serán probados periódicamente.

En las instalaciones que manejan óxido de etileno debe existir un sistema de alarma para casos de in



endio. El personal de operación, en tales sitios, debe recibir un entrenamiento adecuado para el combate de incendios; este entrenamiento debe incluir la realización de simulacros periódicos.

#### VI.V GENERALIDADES MEDICAS.

El óxido de etileno es moderadamente tóxico. Los vapores son irritantes para las vías respiratorias y para los ojos. El líquido puede causar severas quemaduras en la piel y en los ojos, especialmente si la exposición se prolonga por varias horas.

Los experimentos realizados en conejillos de indias, indican que las concentraciones hasta de 0.025% causan síntomas leves por absorción a través de las vías respiratorias, aún después de varias horas. Las exposiciones a una concentración de 0.3% se toleran bien hasta por una hora; en cambio, las atmósferas con 0.6% se vuelven peligrosas después de media hora. Concentraciones de 5 a 10% causan la muerte de inmediato.

Los principales riesgos industriales consisten en la absorción de cantidades considerables por vías respiratorias, como en el contacto de los ojos o la piel con el líquido.

Si se respiran atmósferas concentradas, generalmente se provoca tos e irritación que obligan a la persona expuesta a retirarse del área contaminada, antes de que transcurra suficiente tiempo para que la absorción sea de importancia. Pero, si la atmósfera contiene sólo pequeñas cantidades del producto, del orden de 200 ppm. ( $360 \text{ mg/m}^3$ ), se tolera -

bastante bien y se produce un entorpecimiento del sentido del olfato que favorece las exposiciones prolongadas, pudiendo llegarse a absorber cantidades muy considerables, sin que la persona afectada lo perciba. Como el producto se combina con el agua de los tejidos, el aire exhalado prácticamente no contiene óxido de etileno.

Las salpicaduras del líquido en los ojos y en la piel, si se lavan de inmediato, no son de consecuencias. Las pequeñas lesiones producidas en los ojos cicatrizan bien y pronto. En cambio, si se permite que el líquido permanezca un tiempo prolongado sobre los tejidos cutáneos, se producen quemaduras que pueden llegar al segundo grado, con grandes ampollas. El líquido puede quedar atrapado bajo anillos o pulseras, o puede impregnar la tela de las ropas o el cuero de los zapatos y causar quemaduras diferidas, a veces sin que se percate la persona expuesta, sino hasta que se ha producido la lesión.

Como todos los líquidos muy volátiles y de bajo punto de ebullición, el óxido de etileno es capaz de producir lesiones por congelamiento de los tejidos.

#### VI.VI SINTOMATOLOGIA.

La absorción de grandes cantidades del producto por vía respiratoria produce irritación de las mucosas de la nariz y de la faringe, y del resto de las vías respiratorias, así como de los ojos. Se puede llegar a presentar un edema pulmonar. Durante las siguientes 24 a 36 horas ocurren náuseas y

vómitos repetidos, con dolor de cabeza, disnea, -  
diarrea y cambios en las cantidades de glóbulos -  
blancos (linfocitosis principalmente).

Se han observado estados de "shock", de confusión-  
mental y de somnolencia. Las exposiciones intensas  
provocan intolerancias a subsecuentes intoxicacio-  
nes de menor importancia.

En los animales, produce el óxido de etileno gran-  
des daños en los ojos, con necrosis y pérdida de -  
la vista si su acción se prolonga. Los casos de -  
salpicadura y exposición a los vapores dentro de -  
actividades industriales, causan lesiones menores-  
o simple irritación que desaparecen o evolucionan-  
bien en corto tiempo, cuando se elimina rápidamen-  
te el producto mediante un lavado intenso. El con-  
tacto con el líquido produce a la larga quemaduras  
no dolorosas, que no van generalmente acompañadas-  
de irritación, pero sí de grandes ampollas, la mag-  
nitud en éstas manifestaciones dermatológicas pare-  
ce ser proporcional al tiempo que dura la piel en-  
contacto con el producto. Una vez que se inicia la  
formación de ampollas, rápidamente se desarrollan-  
éstas sobre toda el área expuesta. Soluciones acu-  
sas con sólo 1% de óxido de etileno pueden causar-  
grandes ampollas después de varias horas. En cier-  
tas condiciones, puede ocurrir que la absorción -  
del óxido en el sudor produzca quemaduras de consi-  
deración. El óxido tiene un efecto anestésico gene-  
ral; no se conocen casos de intoxicación crónica -  
en el hombre, aunque se han determinado lesiones -  
en animales de laboratorio, sobre todo daño en los  
riñones.

## VI.VII PRIMEROS AUXILIOS.

En caso de que los ojos hayan estado expuestos a los vapores de este producto, o hayan sufrido salpicaduras del líquido conviene lavarlos con gran cantidad de agua limpia, por lo menos durante 10 ó 15 minutos, y repetir el lavado si la irritación subsiste. La persona afectada deberá ser enviada al ocultista.

Las absorciones prolongadas o de altas concentraciones pueden hacer necesario dar respiración artificial, en este caso, el paciente debe conservarse caliente pero no sobrecalentado. Si se dispone de un aparato administrador de oxígeno, una persona familiarizada con su uso, deberá aplicárselo de inmediato. La aplicación de oxígeno es más efectiva si la respiración se hace contra una presión positiva de 4 cm (1.5") de agua; en este caso, a cada período de aplicación de media hora, deberá seguir otro de descanso, también de media hora.

Los casos de ingestión son poco frecuentes, por la naturaleza física del producto. Sin embargo, cuando exista duda sobre si el accidentado ingirió óxido de etileno o sus soluciones, y en caso de no contar con asistencia médica inmediata, debe provocarse vómito; si el accidentado está controlado y consciente deberá ser enviado al Servicio Médico, después de haberle dado agua tibia a beber para diluir el tóxico (pues puro, puede pasar a los pulmones).

Toda persona que haya sido salpicada por cantidades apreciables de óxido de etileno, deberá ser -

despojada de la ropa mojada por el producto. Los zapatos y otras prendas que no puedan ser bien lavadas y secadas, deberán ser destruidas, ya que pueden ocasionar quemaduras diferidas.

Deben quitarse al accidentado anillos y pulseras, si se encuentran en la zona de la salpicadura. Las zonas de piel cubiertas con pelo deben ser lavadas con especial atención, ya que son más sensibles a las quemaduras producidas por ésta sustancia.

Todos los trabajadores deben conocer la ubicación de los botiquines médicos y deben estar familiarizados con el uso de las regaderas de seguridad instaladas en las áreas de trabajo.

## CAPITULO VII. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE EQUIPO.

Los sistemas de almacenamiento para el óxido de etileno se diseñan a presión, con algún tipo de aislamiento que mantenga baja su temperatura y con la utilización de un gas inerte como medio amortiguante para evitar la polimerización e inestabilidad del producto.

Cuando para fines de exportación o algún tipo de emergencia el producto deba de permanecer largo tiempo almacenado, es necesario recurrir al diseño de un sistema de refrigeración que prevea la seguridad absoluta del recipiente. En éste capítulo, se describe el diseño del equipo que haya de almacenar el producto y del sistema de refrigeración que puede utilizarse para el control prolongado del mismo.

Considerando que la exportación del óxido de etileno se realiza normalmente en buques tanque, cuya capacidad promedio es de 1,500 toneladas, se desarrollará el diseño de una esfera de almacenamiento de dicha magnitud que podrá ser utilizada para el fin mencionado con la adición del sistema de refrigeración pertinente.

### VII.1 DISEÑO DEL RECIPIENTE.

El óxido de etileno debe almacenarse en tanques a presión, construidos todos de acero y a una presión de prueba mínima de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  manométrica y fabricados de acuerdo al código A.S.M.E. para recipientes a presión.

Los tanques de almacenamiento podrán ser aislados para eliminar la formación del polímero y mantener el nivel de seguridad. Se recomienda usar válvulas de globo en todas las líneas de alimentación con el fin de evitar un sobreflujo, ya que en caso de entrar al recipiente, puede producirse un aumento en la presión interna del mismo, con las consecuencias conocidas. Todos aquellos instrumentos que contengan Mercurio, deberán tener una purga de gas inerte.

Material recomendado para el equipo de almacenamiento del Oxido de Etilano:

RECIPIENTE. Acero ASTM, 285 grado C.

TUBERIA. De  $\frac{1}{2}$ " a 12" de Acero ASTM, 106 grados B - sin costura.

Usar cédula 80 para  $\frac{1}{2}$ " a 1  $\frac{1}{4}$ ".

Usar cédula 40 para 1  $\frac{1}{2}$ " a 6".

Usar cédula 20 para 8" a 12".

ACCESORIOS DE TUBERIA. Acero forjado de  $\frac{1}{2}$ ". Para  $\frac{3}{4}$ " a 12" usar Acero sin costura o con costura soldada ASTM 234.

CODOS DE ACERO. Radio Largo.

VALVULAS. a) De Compuerta. Todas de Acero.

b) De Control. Válvulas de globo, todas de Acero.

c) De No-Retorno. Todas de Acero.

**INDICADOR DE NIVEL.** Indicador de presión diferencial, utilizando un sistema manométrico de presión con gas inerte para detectar el nivel del líquido, por diferencia entre la presión del fondo del tanque y la existente por arriba del líquido (vapor del tanque).

**VALVULAS DE SEGURIDAD.** Para soportar presión de 10.5 kg/cm<sup>2</sup> o mayor, de Acero inoxidable cuerpo y disco, con capacidad de alivio para ser determinadas de acuerdo al diseño del tanque y requerimientos del código.

**BOMBAS DE TRANSFERENCIA.** Construidas de Acero fundido para soportar una presión mínima de trabajo de 21 kg/cm<sup>2</sup>.

**MEDIDORES DE PRESION.** De Acero al cromo-níquel tipo 316 con elemento de bourdón.

**REGULADOR DE PRESION DEL GAS INERTE.** Cuerpo de Acero con diafragma u orificio de Acero Inoxidable.

### VII.11 CALCULO DEL ESPESOR DE LA ESFERA.

Para mantener las condiciones de presión de la esfera, ha de calcularse, el espesor de acuerdo a la fórmula que dá el Código A.S.M.E. para recipientes esféricos.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad ; \quad P = \frac{2 SEt}{R + 0.2t}$$

donde:

$t$  = espesor mínimo (pulgadas)

$P$  = presión de trabajo máximo ( $1b/in^2$ )

$R$  = radio interno (pulgadas)

$S$  = esfuerzo admisible de trabajo ( $1b/in^2$ )

$E$  = eficiencia de junta (%)

NOTA: Cuando  $t$  es menor de  $0.356R$  o  $P$  es menor de  $0.665SE$ .

Referencia: Par. UG - 27.

Se recomienda para obtener la presión de trabajo - máximo que sea un 20% arriba de la presión a que opera la válvula de seguridad.

$$P = 4 \text{ kg/cm}^2 \text{ (56.8 } 1b/in^2 \text{) manométricas.}$$

$$P = 56.8 \text{ } 1b/in^2 * 1.2 = 68.1 \text{ } 1b/in^2$$

$$R = 305.1 \text{ pulgadas (7.75 m)}$$

Para calcular el esfuerzo admisible de trabajo, el código A.S.M.E. recomienda dividir el esfuerzo a la tensión mínimo del material entre 4; para el acero ASTM, 285 grado C el esfuerzo a la tensión mínimo es de:  $55,000 \text{ } 1b/in^2$

$$S = 55,000/4 = 13,750 \text{ } 1b/in^2$$

$$E = 85\% \text{ (por ser soldadura simple; junta a tope con listón reforzado; radiografiado al 100%).}$$

Sustituyendo los valores numéricos en la fórmula - que para el espesor mínimo recomienda el código:

$$t = \frac{(68.1)(305.1)}{(2)(13,750)(.85) - (.2)(68.1)}$$

$$t = 0.8893 \text{ pulgadas. (2.25 cms.)}$$

### VII. III CALCULO DEL AISLAMIENTO DE LA ESFERA.

Con la finalidad de que exista la menor cantidad - de absorción de calor (pérdida de frío), o bien, - pérdidas de calor en el equipo de refrigeración, - se seleccionó fibra de vidrio semirígida como ais- lante térmico, por tener las siguientes ventajas:- incombustible, bajo costo, alta durabilidad y faci- lidad de colocación. Este material aisla la esfera y las tuberías que conducen el refrigerante a la - temperatura del recipiente. La tubería aislada con éste material está cubierta con lámina de aluminio corrugado y se sujeta con bandas metálicas de ace- ro inoxidable.

Considerando que el flujo de calor es el mismo en- toda la esfera, únicamente se tomará en cuenta la- resistencia debida al paso del calor por el aislan- te, para el cálculo de su espesor. Se desprecia la pérdida de calor por convección y radiación, ya - que la práctica demuestra que para el sistema en - estudio (baja temperatura), la temperatura exte- - rior del aislante es mayor que la temperatura am- - biente, debido a los rayos solares.

### CONDICIONES DE DISEÑO

El óxido de etileno no deberá poseer una temperatu

ra superior a los 11°C, durante un tiempo de almacenamiento hasta de 30 días. Se considerará a la esfera llena a su capacidad normal (1,500 Ton), y que por alguna falla no se cuenta con refrigeración.

### DATOS DE DISEÑO

Capacidad Nominal	12,000 bis.	(1,900 m <sup>3</sup> )
Diámetro exterior	614.1 pulg.	(15.6 m)
Diámetro interior	610.2 pulg.	(15.5 m)
Espesor de placa	0.8893 pulg.	(2.25 cms)
Temp. Almacenamiento	4°C	(39.2°F)
Temp. máxima de Almacenamiento	11°C	(51.8°F)
Tiempo máximo de Almacenamiento	30 días	(720 hrs)
Masa Total	1,500 Tons.	(3,360,000 lbs)

### CANTIDAD DE CALOR A ABSORBER POR EL AISLANTE

$$Q = W * C_p \Delta T$$

donde: W = Masa del producto (3,360,000 lbs)

C<sub>p</sub> = Capacidad calorífica (.44 BTU/lb °F)

ΔT = Temp. máxima - Temp. deseada (51.8 - 39.2)°F

$$Q = 3,360,000 (.44)(12.6) = 18,627,840 \text{ BTU}$$

$$Q = 18,627,840 \text{ BTU}/720 \text{ hrs} = 25,872 \text{ BTU/hr.}$$

CALCULO DEL AREA INTERIOR DE LA ESFERA

$$A = \pi(d)^2$$

donde:  $d$  = diámetro exterior de la esfera = 15.6 m

$$A = 3.1416 * (15.6)^2 = 764.5 \text{ m}^2$$

CALCULO DEL AREA DE LA ESFERA MAS 1" DE AISLANTE

$$A' = \pi(d')^2$$

donde:  $d'$  = diámetro exterior +  $\Delta x$  = 15.6 + (2  $\Delta x$ )

$\Delta x$  = espesor del aislante = 0.0254 m

$$A' = 3.1416 * (15.65)^2 = 769.3 \text{ m}^2$$

CALCULO DEL AREA MEDIA

$$A_m = \sqrt{(A)(A')}$$

donde:  $A$  = Area interior de la esfera = 764.5 m<sup>2</sup>

$A'$  = Area de la esfera +  $\Delta x$  = 769.3 m<sup>2</sup>

$$A_m = \sqrt{(764.5)(769.3)} = 766.8 \text{ m}^2$$

RESISTENCIA AL FLUJO DE CALOR POR EL AISLANTE

$$R_i = \Delta x / (k)(A_m)$$

donde:  $\Delta x$  = espesor del aislante = 2.54 cm

$k$  = conductividad térmica del aislante =

$$2,900 \frac{\text{Cal cm}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$A_m$  = Area media = 766.8 m<sup>2</sup>

$$R_i = \frac{2.54}{(2,900)(766.8)} = 1.14 \times 10^{-6} \frac{\text{Cal}}{\text{hr}^\circ\text{C}}$$

CALCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR LA ESFERA

$$Q_{ab.} = \Delta T' / R_i$$

donde:  $\Delta T' = \text{Temp. ambiente} - \text{Temp. deseada} =$   
 $(28 - 4)^\circ\text{C}$

$$R_i = \text{Resistencia del aislante} = 1.14 \times 10^{-6} \frac{\text{Cal}}{\text{hr}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{ab.} = \frac{24}{1.14 \times 10^{-6}} = 21.052,631 \frac{\text{Cal}}{\text{hr}}$$

TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR LA TEMP. DESEADA

$$\text{Tiempo} = Q / Q_{ab.}$$

donde:  $Q = \text{calor absorbido por el aislante} =$   
 $18.627,840 \text{ BTU}$

$Q_{ab} = \text{calor absorbido por la esfera} =$   
 $83,547.3 \text{ BTU}$

$$\text{Tiempo} = \frac{18.627,840}{83,547.3} = 223 \text{ hrs.}$$

$$\text{Tiempo} = 223 \text{ hrs} \times \frac{\text{día}}{24 \text{ hrs}} = 9.29 \text{ días}$$

Siendo éste, el número de días necesarios por el--  
 aislante para alcanzar la temperatura deseada en -  
 el recipiente, partiendo de 1" de espesor al recu-  
 brimiento.

Se realiza la misma secuencia de cálculo para distintos espesores y se tabulan para la selección adecuada:

Espesor ( $\Delta x$ ) pulg.	Area media $A_m$ (m <sup>2</sup> )	Resistencia $R_i \left( \frac{\text{Cal}}{\text{hr } ^\circ\text{C}} \right)$	Calor abs. $Q_{ab.} \left( \frac{\text{Cal}}{\text{hr}} \right)$	Tiempo (días)
1	766.8	$1.14 \times 10^{-6}$	21.052,631	9
2	770.3	$2.27 \times 10^{-6}$	10.555,018	18
3	772.8	$3.39 \times 10^{-6}$	7.059,446	27
4	775.3	$4.51 \times 10^{-6}$	5.311,614	36

De acuerdo a lo especificado por el fabricante y a los cálculos desarrollados, los requisitos de aislamiento de la esfera serán:

Material: Fibra de Vidrio, semirígida.

Tipo: RF - 4.200

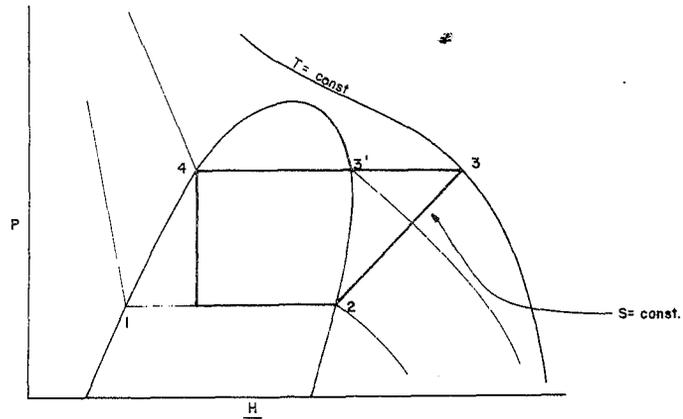
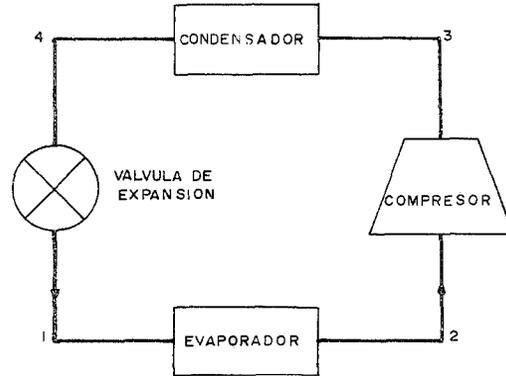
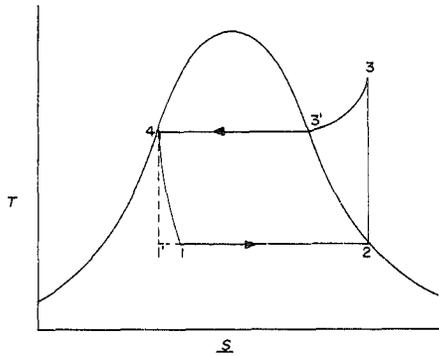
Espesor: 3 pulgadas (7.62 cm)

#### VII. IV DESCRIPCION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION.

El ciclo de refrigeración por Compresión de vapor, es un ciclo de licuefacción de gas para propósitos de enfriamiento, más que para la producción de líquido. Puede ser llevado a través de una o más etapas de compresión. El sistema común de etapa simple usa un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador. Este equipo y el comportamiento del ciclo en un diagrama T-S, aparecen en las figuras 7.1 y 7.2 respectivamente.

El proceso de compresión es isoentrópico y el ciclo ideal al que más se asemeja es el de Carnot reversible. El ciclo muestra que una mezcla "húmeda" de vapor saturado entra a compresor. Para la mayoría de los refrigerantes, la compresión isoentrópica no podría llevarse a cabo, considerando que en el compresor ideal, la ausencia de líquido es necesaria. La entropía del vapor saturado de algunos refrigerantes (F-113 y F-114) aumenta en tanto se incrementa su presión, por ejemplo.

En el ciclo real, el vapor es usualmente sobrecalentado unos cuantos grados antes de la compresión, finalizando ésta con vapor sobrecalentado en el punto C. Durante el proceso de condensación a presión constante (C-D), el refrigerante rechaza calor del líquido de enfriamiento (agua). En el ciclo ideal, el refrigerante deja al condensador como líquido saturado sin líquido sub-enfriado. La expansión del ciclo ideal, es irreversible y adiabática del punto D al A, teóricamente sin cambios apreciables en la velocidad, la entalpía del punto A sería igual a la del punto D.



El ciclo se completa con una adición de calor a presión constante (A-B) lo cual permite la vaporización del refrigerante y el enfriamiento del producto directa o indirectamente. Este ciclo ideal no es reversible, y se aparta del ciclo de Carnot en 2 aspectos: una expansión adiabática irreversible es sustituida por una expansión isoentrópica a través de una máquina ideal con una pérdida de calor aprovechable y un descenso en el efecto refrigerante, y en segundo lugar: la eliminación de sobrecalentamiento en el condensador a presión constante, debería ser a temperatura constante.

El coeficiente óptimo de un sistema de refrigeración en operación, depende de:

- (1) La presión o temperatura del evaporador.
- (2) La presión del condensador (presión de la "cabeza").
- (3) Las propiedades termodinámicas del refrigerante.

#### VII.V GENERALIDADES DEL EQUIPO.

En términos generales el sistema puede dividirse en dos niveles: de alta y baja presión, dependiendo el nivel de alta, de la temperatura alcanzada por el agua de enfriamiento en la condensación y el de baja presión de la temperatura del evaporador. El desarrollo ideal de un ciclo de refrigeración estaría dado por una temperatura de 40°F en el evaporador y de 90°F en el condensador, considerando a éste último trabajando con agua.

En la mayoría de los sistemas de proceso, la evaporación del refrigerante es llevada a cabo del lado de la coraza, en tanto el fluido de proceso, o el fluido a utilizar como medio enfriador, deja el evaporador del lado de los tubos a una temperatura más alta (de 3 a 15°F) que la del refrigerante.

Los compresores reciprocantes son los más comúnmente usados para éste tipo de sistema, ya que son adecuados para grandes incrementos de presión y pequeñas velocidades de flujo. La importancia de la selección correcta del refrigerante es directamente proporcional a la eficiencia del proceso.

El refrigerante ideal sería aquel, no corrosivo, no flamable, no tóxico, no explosivo y no caro, que no creara problemas de lubricación y tuviera propiedades termodinámicas deseadas. Considerando el sistema a diseñar y los factores idóneos que ha de guardar un refrigerante, se seleccionó el Freón 12 (R-12), cuyas características se enlistan a continuación.

Nombre: DICLORODIFLUOROMETANO

Fórmula:  $\text{CCl}_2\text{F}_2$

Peso Molecular: 120.92

ESTADO CRITICO

Punto de ebullición: -21.6°F      Temperatura: 282.3°F

Punto de fusión: -252°F      Presión: 582 lb/in<sup>2</sup>

Toxicidad: LA MENOR

En términos generales resulta mucho más costoso operar a un nivel tan bajo de presión en la descar

ga (final de la evaporación) como lo permita la presión de succión (compresión) y las características físicas del refrigerante.

## VII.VI DISEÑO DEL EQUIPO DE REFRIGERACION.

### CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El óxido de etileno se recibe de planta a una temperatura de 37°C aproximadamente; para fines de seguridad en el diseño, se considerará de 40°C como base.

Sistema de refrigeración:	Compresión indirecta.
Líquido enfriante:	Agua glicol al 40%
Líquido refrigerante	Freón 12.
Temp. de almacenamiento:	4°C.
Temp. ambiente:	28°C.
Presión de almacenamiento:	4 kg/cm <sup>2</sup> (56.81b/in <sup>2</sup> )
Ciclo termodinámico:	Carnot simple.
Equipo mínimo a usar:	Compresor recíprocante.
	Condensador de agua.
	Evaporador.
	Válvula de expansión.

### BALANCE DE MATERIA

Tomando como base de cálculo: 1 mol de Freón 12 a-

la salida del condensador (líquido-vapor), tenemos:

$$R = 1 \quad \text{donde: } R = \text{refrigerante.}$$

$$R = V + L \quad V = \text{vapor.}$$

$$V = 1 - L \quad L = \text{líquido.}$$

### BALANCE DE ENTALPIAS

$$RH_r = VH_v + LH_1$$

$$RH_r = (1 - L)H_v + LH_1 \rightarrow H_r = H_v - LH_v + LH_1$$

reacomodando la ecuación, después de cambiar de signo:

$$H_v - H_r = L(H_v - H_1) \quad \therefore \quad L = \frac{H_v - H_r}{H_v - H_1}$$

utilizando el diagrama de Molliere para Freón 12, encontramos los valores siguientes:

$$H_r = \text{entalpia del refrigerante} = 32.3 \text{ BTU/lb.}$$

$$H_v = \text{entalpia del vapor} = 77.8 \text{ BTU/lb.}$$

$$H_1 = \text{entalpia del líquido} = 9.6 \text{ BTU/lb.}$$

sustituéndolos en la relación encontrada para el líquido, y despejando para el vapor en el balance de materia:

$$L = \frac{77.8 - 32.3}{77.8 - 9.6} = 0.66 \text{ mol}; \quad V = 1 - 0.66 = 0.33 \text{ mol}$$

CALOR A ELIMINAR POR EL SISTEMA

$$Q_e = W_d \times C_p \times \Delta T$$

donde:  $W_d$  = capacidad de diseño a manejar =  $W \times F.S.$

$W$  = capacidad de planta = 24,000 Ton/año

$F.S.$  = factor de seguridad en diseño = 10%

$$W_d = 6,890.6 \text{ lb/hr} \times 1.1 = 7,579.6 \text{ lb/hr}$$

$$(3,438.1 \text{ kg/hr})$$

$$C_p = \text{capacidad calorífica} = 0.44 \frac{\text{Cal}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$\Delta T$  = Temp. de planta - Temp. de almacenamiento

$$\Delta T = (104 - 39.2) = 64.8^\circ\text{F}$$

$$Q_e = 7,579.6)(.44)(64.8) = 216,109.5 \text{ BTU/hr}$$

CALOR TOTAL A ELIMINAR POR HORA

$$Q_T = Q_{ab.} + Q + Q_e$$

donde:  $Q_{ab.}$  = calor absorbido por la esfera =  
83,547.3 BTU

$Q$  = calor absorbido por el aislante =  
18.627,840 BTU

$Q_e$  = calor a eliminar por el sistema.

$$Q_{ab.} + Q = 18.711,387 \text{ BTU} = 25,988.0 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_T = 25,988.0 + 216,109.5 = 242,097.5 \text{ BTU/hr}$$

TONELADAS TEORICAS DE REFRIGERACION

$$T.R. = \frac{Q_T}{12,000 \frac{\text{Cal}}{\text{hr}}}$$

donde:  $Q_T = \text{calor total a eliminar} = 242,097.5$   
BTU/hr

$$T.R. = \frac{242,097.5}{12,000} = 20.17$$

CANTIDAD DE REFRIGERANTE A UTILIZAR

$$W_r = \frac{Q_T}{(H_v - H_r)}$$

donde:  $Q_T = \text{calor total a eliminar} = 242,097.5$   
BTU/hr

$H_v = \text{entalpia del vapor} = 77.8$  BTU/lb

$H_r = \text{entalpia del refrigerante} = 32.3$   
BTU/hr

$$W_r = \frac{242,097.5}{(77.8 - 32.3)} = 5,320.8 \text{ lb/hr}$$

VII.VII DISEÑO DEL EVAPORADOR.

Por consideraciones de tipo técnico, el sistema de refrigeración será indirecto, utilizando agua glicol al 40% como medio de enfriamiento del óxido de etileno; evitando, así, cualquier posible contaminación del producto con el refrigerante (Freón 12).

CALCULO DE LA TEMP. MEDIA LOGARITMICA

Lado caliente: (b) Agua glicol	21.2 -----	14.0
Lado frío: (a) Freón-12	5.0 -----	5.0

$$T_2 = 16.2^\circ \quad T_1 = 9.0^\circ$$

$$LMTD = \frac{(T_2 - T_1)}{\ln \frac{T_2}{T_1}}$$

$$LMTD = \frac{(16.2 - 9.0)}{\ln \frac{16.2}{9.0}} = 12.2^\circ F$$

CALCULO DEL LIQUIDO ENFRIANTE

$$W_b = \frac{Q_T}{C_p \cdot (\Delta T)_b}$$

donde:  $Q_T$  = calor total a eliminar = 242,097.5  
BTU/hr

$C_p$  = capacidad calorífica del agua glicol  
= 0.7  $\frac{BTU}{lb \cdot ^\circ F}$

$$(\Delta T)_b = (21.2 - 14.0) = 7.2^\circ F$$

$$W_b = \frac{242,097.5}{(.7)(7.2)} = 48,035.2 \text{ lb/hr} \quad (21.4 \text{ Ton/hr})$$

$$W_b = (21.4 \text{ Ton/hr})(1.1 \text{ Ton/m}^3) = 19.4 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$W_b = 85.4 \text{ Gal/min.}$$

Se recomienda utilizar tubos de 3/4 de pulgada de diámetro nominal, de una longitud de 12 pies; cédula 14 BWG con un arreglo en cuadro y una separación entre tubos de 1".

#### CALCULO DEL AREA TOTAL DE DISEÑO.

$$A_D = \frac{Q_T}{U_D \text{ LMTD}'}$$

donde:  $Q_T$  = calor total a eliminar = 242,097.5  
BTU/hr

$U_D$  = coeficiente global de calor  
= 65  $\frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2\text{°F}}$

Según tabla 10-15 del Ludwing, se recomienda usar un valor comprendido entre 30 y 100  $\frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2\text{°F}}$ ; se usó el valor promedio.

$\text{LMTD}'$  = Temp. media logarítmica corregida = 12.2° F

Para el cálculo de la temperatura corregida, se obtiene el valor de  $F_T$ ; éste es igual con la unidad por ser isotérmico uno de los flujos del evaporador (Freón 12).

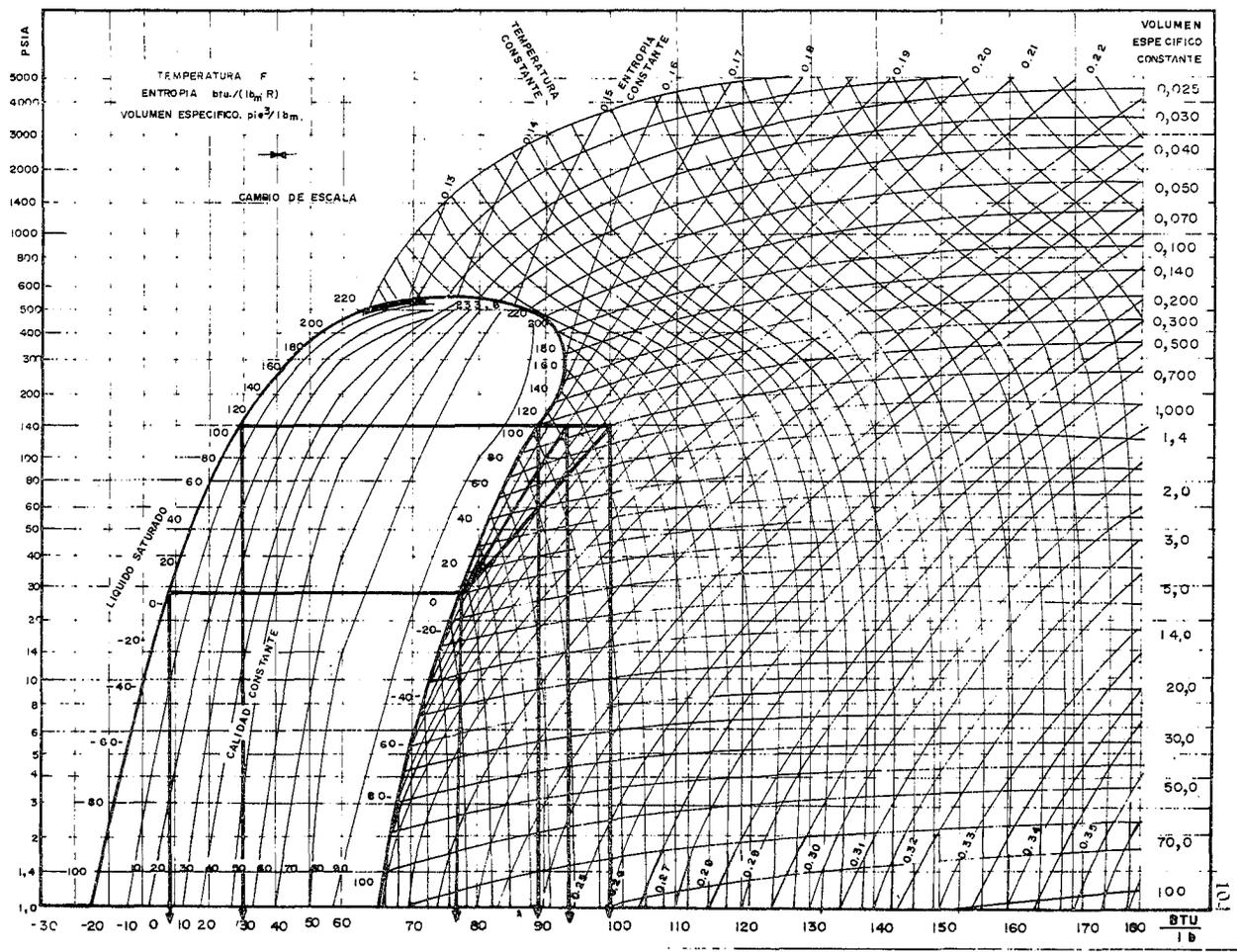
$$A_D = \frac{242,097.5}{(65)(12.5)} = 305.29 \text{ pies}^2$$

Se recomienda que la caída de presión del lado de la coraza sea de 1 lb/in<sup>2</sup> y de 10 lb/in<sup>2</sup>, del lado de los tubos. El factor de ensuciamiento combinado (coraza + tubos), es igual a 0.002.

### VII.VIII DISEÑO DEL COMPRESOR.

Acorde a los niveles térmicos de operación establecidos:

Temp. a la succión = Temp. de Evaporación = 5°F - (-15°C) y Temp. a la descarga = Temp. de Condensación = 105°F (40°C), se usará un compresor recíprocante multicilíndrico de simple acción, operando a 1450 rpm, de tipo vertical y abierto; ésto es, movido exteriormente a través de un motor de combustión interna, eléctrico o una turbina de vapor.



CALCULO DE LA CARGA ADIABATICA

$$C.A. = H_s - H_v$$

donde:  $H_s$  = entalpia de la compresión ideal = 91.7  
BTU/1b

$H_v$  = entalpia del vapor = 77.8 BTU/1b

$$C.A. = (91.7 - 77.8) = 13.9 \text{ BTU/1b}$$

$$C.A. = (13.9 \text{ BTU/1b})(778 \text{ pie 1b/BTU}) = \\ 10,814.2 \text{ pies}$$

CALCULO DE LA CARGA POLITROPICA

$$C.P. = C.A. \left( \frac{N_P}{N_A} \right)$$

donde:  $N_P$  = eficiencia politrónica = 0.70 (Manual -  
Elliot)

$N_A$  = eficiencia adiabática = 0.67 (Manual -  
Elliot)

$C.A.$  = carga adiabática = 10,814.2 pies

$$C.P. = 10,814.2 \left( \frac{.70}{.67} \right) = 11,298.4 \text{ pies}$$

Para el cálculo de la eficiencia adiabática, debemos obtener la relación de compresión (radio) y el valor de  $K$ .

El valor de  $K = (C_p)/(C_v) = 1.15$  (Ludwing. Tomo -

III). El radio de compresión, está dado por el cociente de la presión de descarga entre la presión de succión; por lo tanto obtenidas de Molliere, tenemos:

$$P_D = \text{Presión en la condensación} = 141.5 \text{ lb/in}^2$$

$$P_S = \text{Presión en la evaporación} = 26.5 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Radio de compresión} = (141.5)/(26.5) = 5.3$$

Con éstos dos valores, se obtiene de tabla # 6 del Elliot, el valor de la eficiencia adiabática.

#### CALCULO DE LA POTENCIA

$$P = \frac{W_r \cdot C.P.}{N_p \cdot 33,000}$$

donde  $W_r$  = cantidad de refrigerante = 5,320.8 lb/hr

$$W_r = 88.6 \text{ lb/min}$$

$$C.P. = \text{carga politrópica} = 11,298.4 \text{ pies}$$

$$N_p = \text{eficiencia politrópica} = 0.70$$

$$P = \frac{(88.6)(11,298.4)}{(0.70)(33,000)} = 43.3 \frac{\text{lb pie}}{\text{min}} = 43 \text{ HP}$$

#### CALCULO DE LA ENTALPIA A LA DESCARGA

$$H_D = \frac{H_A - H_v}{N_A} + H_v$$

donde:  $H_A$  = entalpia de la compresión ideal =  $H_s = \frac{91.7 \text{ BTU}}{1b}$

$H_v$  = entalpia del vapor = 77.8 BTU/1b

$N_A$  = eficiencia adiabática = 0.67

$$H_D = \frac{(91.7 - 77.8)}{0.67} + (77.8) = 98.5 \text{ BTU/1b}$$

Con éste valor de la entalpia a la descarga (real) obtenemos de Molliere; vapor sobrecalentado a - - 164°F aproximadamente. ( $P = 141.5 \text{ lb/in}^2$ ).

#### GASTO DE VAPOR A LA SALIDA DE COMPRESOR

$$V_s = V_e * W_r$$

donde:  $V_e$  = volumen específico = 0.37 pie<sup>3</sup>/1b (Molliere)

$W_r$  = cantidad de refrigerante = 88.6 lb/min

$$V_s = (.37)(88.6) = 32.7 \text{ pie}^3/\text{min}$$

#### VII. IX DISEÑO DEL CONDENSADOR.

Para el cálculo del calor total que elimina el - - equipo, se obtienen el calor de sobrecalentamiento y el de condensación.

#### CALOR DE SOBRECALENTAMIENTO

$$Q_s = (H_D - H_v') * W_r$$

donde:  $H_D$  = entalpia a la descarga = 98.5 BTU/1b

$Hv' = \text{entalpia vapor saturado} = 89 \text{ BTU/lb}$

$Wr = \text{cantidad de refrigerante} = 5,320.8 \text{ lb/hr}$

$$Q_s = (98.5 - 89) \times 5,320.8 = 50,547.6 \text{ BTU/hr}$$

### CALOR DE CONDENSACION

$$Q_c = (Hv' - Hl) \times Wr$$

donde:  $Hv' = \text{entalpia vapor saturado} = 89 \text{ BTU/lb}$

$Hl = \text{entalpia del liquido} = 32.3 \text{ BTU/lb}$

$Wr = \text{cantidad de refrigerante} = 5,320.8 \text{ lb/hr}$

$$Q_c = (89 - 32.3) \times 5,320.8 = 301,689.3 \text{ BTU/hr}$$

### CANTIDAD DE CALOR TOTAL A ELIMINAR

$$Q_T = Q_s + Q_c$$

donde:  $Q_s = \text{calor de sobrecalentamiento} = 50,547.6 \text{ BTU/hr}$

$Q_c = \text{calor de condensación} = 301,689.3 \text{ BTU/hr}$

$$Q_T = (50,547.6) + (301,689.3) = 352,236.9 \text{ BTU/hr}$$

### CANTIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

$$W_w = \frac{Q_T}{C_p \times (\Delta T)_w}$$

donde:  $Q_T = \text{calor total a eliminar} = 352,236.9$   
BTU/hr

$C_p = \text{capacidad calorífica} = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$

$(\Delta T)_w = \text{Temp. entrada} - \text{Temp. salida} = (105 - 90)^\circ\text{F}$

$$W_w = \frac{352,236.9}{(1)(15)} = 23,482.4 \text{ lb/hr}$$

### CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ROCIO

$$T_{\text{rocío}} = t_1 + \frac{Q_c}{W_w}$$

donde:  $t_1 = \text{Temp. de salida del agua} = 90^\circ\text{F}$

$Q_c = \text{calor de condensación} = 301,689.3 \text{ BTU/hr}$

$W_w = \text{cantidad de agua de enfriamiento} = 23,482.2 \text{ lb/hr}$

$$T_{\text{rocío}} = (90) + \frac{301,689.3}{23,482.4} = 90 + 12.8 = 102.8^\circ\text{F}$$

Conociendo el perfil de temperatura:

<u>CORAZA</u>	<u>TUBOS</u>
164°F	105°F
105°F	90°F
<u>Δt<sub>1</sub> = 59°F</u>	<u>Δt<sub>2</sub> = 15°F</u>

ciones del Ludwing.

$$R = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{59^\circ}{15^\circ} = 3.9^\circ\text{F} ; P = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_4} = \frac{15^\circ}{74^\circ} = 0.202^\circ\text{F}$$

donde:  $\Delta t_4 = (\text{Temp. entrada})_R - (\text{Temp. salida})_W$   
 $\Delta t_4 = (164 - 90) = 74^\circ\text{F}$

Con éstos valores, se tiene: un condensador tubular de 2 carcazas con 4 o más pasos por los tubos y con un valor de  $F_T = 0.98$ . Los valores de las "LMTD" de sobrecalentamiento y de condensación son corregidas por el valor de  $F_T$ :

$$\text{LMTDs}' = (17.3)(.98) = 16.9^\circ\text{F} (-8.3^\circ\text{C})$$

$$\text{LMTDc}' = (6.7)(.98) = 6.5^\circ\text{F} (-14.1^\circ\text{C})$$

#### CALCULO DEL AREA TOTAL DE DISEÑO

$$A_D = \frac{Q_s}{(U_{Ds})(\text{LMTDs}')} + \frac{Q_c}{(U_{Dc})(\text{LMTDc}')}$$

donde:  $Q_s = \text{calor de sobrecalentamiento} = 50,547.6$   
 BTU/hr

$Q_c = \text{calor de condensación} = 301,689.3$  BTU/hr

$$\text{LMTDs}' = 16.9^\circ\text{F} ; \quad \text{LMTDc}' = 6.5^\circ\text{F}$$

Para los coeficientes globales de calor, tanto de sobrecalentamiento como de condensación, el Ludwing recomienda:

$$U_{Ds} = 40 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} ; \quad U_{Dc} = 100 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$A_D = 74.7 + 464.1 = 538.8 \text{ pies}^2$$

Se recomienda usar tubos de 3/4 de pulgada de diámetro nominal, de una longitud de 12 pies; cédula-14 BWG con un arreglo en cuadro y una separación entre tubos de 1".

Se recomienda, igual que para el evaporador, que la caída de presión del lado de la coraza sea de 1 lb/in<sup>2</sup> y del lado de los tubos, de 10 lb/in<sup>2</sup>. El factor de ensuciamiento combinado (coraza + tubos), es igual a 0.002.

## CAPITULO VIII. CONCLUSIONES.

Ninguna sustancia química es tan peligrosa que no pueda manejarse con seguridad, siempre y cuando se respeten las reglas, que para su buen manejo, ha dictado la experiencia a través de los años.

Fuó finalidad del presente trabajo, la recopilación, ordenamiento y explicación de una serie de conocimientos que para el manejo correcto del óxido de etileno han de guardarse. Se presentó, además, el diseño de un tanque de almacenamiento esférico, que aseguraría la carga a un buque-tanque hasta por 30 días en condiciones óptimas de seguridad; dicho recipiente fué calculado con el aislante y el equipo de refrigeración adecuados al caso.

Con la aplicación del sistema de refrigeración por compresión, se piensa que el mantenimiento del producto presente el menor de los riesgos creando, por otra parte, la opción de desarrollarse en base al área tan reducida, que en términos generales, el sistema prevee. Con la ampliación de los sistemas de almacenamiento, se piensa también, incrementar en un futuro la instalación de industrias cuya materia prima sea éste producto.

En la planeación del manejo correcto de éste producto y de todo aquel que presente algún tipo de peligrosidad latente, el Ingeniero de Seguridad deberá intervenir delimitando y siendo responsable en cada una de las áreas de proceso del cuidado que el producto necesite. Deberá también ser preocupación constante, la de crear y/o supervisar pro

gramas de Seguridad Industrial que conlleven al cumplimiento óptimo de las normas estrictas de seguridad que para cada producto habrán de establecerse.

Toda persona dentro de una empresa es responsable de su propia seguridad; el ingeniero de seguridad está contratado para hacerse cargo del comportamiento de cualquier persona dentro del área de su responsabilidad. El éxito en su trabajo depende de la actuación en seguridad de todos y cada uno de sus subordinados. La acción correctiva inmediata contra actos inseguros, que representan el 96% de las lesiones en trabajadores, traerá como consecuencia el establecimiento de una norma de comportamiento que auxiliará en el cuidado del recurso más importante: el ser humano.

BIBLIOGRAFIA.

PERRY, J. H., CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK, 5a. Ed. Mc. GRAW Hill Book, Co., Nueva York. 1952.

PETROLEUM DATA BOOK, Petroleum Engineering Company; Dallas, Texas. 1969.

NORMAS DE SEGURIDAD DE PETROLEOS MEXICANOS. 1971.

BOLETINES DE TOXICOLOGIA DE PETROLES MEXICANOS. -- 1971.

SPECIFICATIONS FOR TANKS CAR, Operations and Maintenance; Dept. Mechanical División. Publised: ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS. 1969.

PROCESS EQUIPMENT DESIGN, Brownell, Lloyd Earl; J. Willey, Nueva York, 1959.

L.G. HESS and V.V. TILTON, ETHYLENE OXIDE. Hazards and Methods of Handling; Ind. and. Eng. Chem. Vol. 42, June of 1950.

BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, ASME. Secc. VIII- Unfired pressure vessel; AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEER'S; 1965.

MANUAL DE OPERACION DE LA PLANTA DE PAJARITOS, VER.

SPARKS, NORMAN ROBERT; MECHANICAL REFRIGERATION. - Mc. GRAW Hill Book, Co., Nueva York. 1959.

MACKAY, BARNARD, ELLENWOOD; ENGINEERING THERMODYNAMICS John Wiley, Ed. Nueva York. 1957.

MANUAL ELLIOT PARA COMPRESORAS. 1950.

MANUAL OF ASTM STANDARDS ON REFRACTORY MATERIALS;-  
Am. Soc. Testing Materials, New York. 1948.