



32
200
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



SEGURIDAD EN LA DESCARGA Y MANEJO
DEL OXIDO DE ETILENO

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA QUIMICA PRESENTAN:

PILAR GAYTAN CRUZ
VERONICA HERNANDEZ MORALES

México D. F., 1996.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

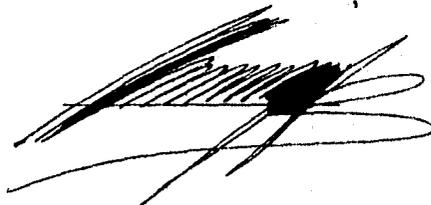
Jurado Asignado

Presidente	Prof. Alejandro Anaya Durand
Vocal	Prof. Eduardo Marambio Dennett
Secretario	Prof. Ramón Edgar Domínguez Betancourt
1er. Suplente	Prof. José Agustín Texta Mena
2do Suplente	Prof. Uriel Uscanga Granadino

Sitio donde se desarrolló el tema: Empresa "Control Total de pérdidas S.A."

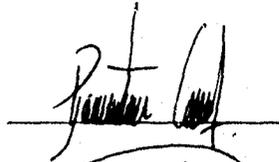
Asesor del Tema:

Ing. Ramón Domínguez Betancourt



Sustentantes:

Pilar Gaytán Cruz



Verónica Hernández Morales



ÍNDICE

1. Introducción	1
2. El óxido de etileno	
2.0 Descripción general	3
2.1 Identificación del material	3
2.1.1 Sinónimos	
2.2 Historia	4
2.3 Propiedades físicas, fisicoquímicas y explosivas	5
2.4 Química	12
2.4.1 Reacciones	
2.5 Aplicaciones y derivados	13
2.5.1. Aplicaciones	
2.5.2 Derivados	
2.6 Breve descripción del proceso	14
2.6.1 Catalizador	
2.7 Inflamabilidad	17
2.8 Toxicidad	17
2.8.1 En estado líquido	
2.8.2 En estado gaseoso	
2.8.3 Por exposición prolongada	
2.8.4 Por exposición repetida	
2.8.5 Datos significativos	
2.8.6 Medio ambiente	
2.9 Reactividad	20
2.9.1 Estabilidad	
2.9.2 Polimerización	
2.9.3 Incompatibilidad	
2.9.4 Diluyentes	
2.10 Primeros auxilios	25
2.10.1 Cualquier tipo de contacto	
2.10.2 Contacto con la piel	
2.10.3 Contacto con los ojos	
2.10.4 Ingestión	
2.10.5 Inhalación	

2.11 Equipo de protección personal	26
2.11.1 Protección de los ojos	
2.11.2 Protección respiratoria	
2.11.3 Protección de la cabeza	
2.11.4 Protección de los pies	
2.11.5 Protección de la piel, cuerpo y manos	
2.11.6 Limpieza y cuidado del equipo de Protección personal	
2.12 Combate de emergencias	28
2.12.1 Fuego	
2.12.2 Fuga o derrame	
2.12.3 Precauciones especiales	
2.13 Incidentes	29
2.14 Terminología	30

3. Transporte del óxido de etileno

3.0 Cuatro propiedades básicas que promueven la seguridad en el manejo del OE	31
3.1 Distribución de OE por Pemex	31
3.2 Tipos de recipientes	32
3.2.1 Recipientes pequeños	
3.2.2 Cilindros de acero	
3.2.3 Cilindros de 2.7 kg	
3.2.4 Cilindros de 22.7 y 272.4 kg	
3.2.5 Recipientes desmontables	
3.2.6 Tambores recubiertos	
3.2.7 Recipientes rígidos	
3.2.8 Carros tanque	
3.3 Carros tanque	37
3.3.1 Grupos	
3.4 Manejo de carros tanque al servicio de OE	38
3.4.1 Antecedentes	
3.4.2 Recepción del equipo vacío	
3.4.3 Verificación	
3.4.4 Llenado	
3.4.5 Pesaje y análisis de calidad	
3.4.6 Facturación	
3.4.7 Documentación	
3.4.8 Anexos de Pemex Petroquímica	
3.5 Carteles de seguridad.....	46
3.5.1 Etiquetas, letreros y advertencias	

3.6 Llenado de recipientes y envases	49
3.6.1 Recipientes para muestras	
3.6.2 Recipientes portátiles	
3.7 Precauciones generales respecto a los recipientes vacíos	50
3.8 Anexos de Transportación	50

4. Descarga del óxido de etileno

4.1 Descarga de los recipientes y envases	53
4.1.1 Recipientes para muestras	
4.1.2 Recipientes portátiles	
4.1.3 Carros tanque	
4.2 Procedimiento de Descarga	56
4.3 Procedimiento de descarga (alternativo)	57

5. Almacenamiento del óxido de etileno

5.0 Generalidades	58
5.1 Áreas de trabajo	58
5.1.1 Áreas de distribución (Layout)	
5.1.2 Áreas de almacenamiento	
5.1.3 Planta	
5.2 Tipos de almacenamiento	59
5.2.1 Almacenamiento de recipientes portátiles	
5.2.2 Almacenamiento en tanques fijos	
5.2.2-A Tanques e instrumentación	
5.2.2-B Diques	
5.2.2-C Líneas de Carga	
5.2.2-D Distancias en construcciones	
5.2.2-E Llenado y temperaturas	
5.2.3 Tanques de proceso	
5.3 Tanques de almacenamiento de Pemex	63
5.3.1 Complejo Cangrejera	
5.3.2 Complejo Pajaritos	
5.4 Características del equipo y materiales usados	63
5.4.1 Equipo y herramientas	
5.4.2 Juntas o empaques	
5.4.3 Válvulas	
5.4.4 Bombas	
5.4.5 Tuberías	
5.4.6 Locales	

5.5 Determinación del producto en la atmósfera	66
5.6 Recomendaciones durante su almacenamiento	66
5.7 Precauciones previas a la operación	67
5.8 Reparación y limpieza de tanques y equipo	67
5.8.1 Precauciones generales	
5.8.2 Precauciones para abrir líneas y recipientes	
5.8.3 Precauciones para entrar a los recipientes	
5.9 Desecho de inflamables o tóxicos	69

6. Técnicas de Análisis de Seguridad en Procesos

6.1 Análisis de seguridad en procesos	70
6.1.1 Definición	
6.1.2 Técnicas de Análisis	
6.2 Modelos atmosféricos	70
6.2.1 Modelo de evaluación de daños provocado por nubes explosivas	
6.2.2 Modelo de dispersión de una emisión puntual continua de gases	
6.2.3 Modelo de dispersión de un gas o vapor proveniente de una fuga o derrame de un líquido que se evapora	
6.2.4 Modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea	
6.3 Daños por explosiones	75
6.3.1 Categorías de daños	
6.3.2 Efecto en el personal	
6.4 Terminología	77

7. Modelización de los riesgos

7.1 Escenario	79
7.2 Diagramas	80
7.2.1 Diagrama de bloques del proceso	
7.2.2 Diagrama de flujo del proceso	
7.2.3 Diagrama de flujo del área de almacenamiento	
7.3 Resultados de la simulación utilizando el método de nubes explosivas	82
7.3.1 Simulación en carro tanque de ferrocarril	
7.3.2 Simulación en tanque huevo (A-201)	
7.3.3 Simulación en tanque submarino (A-861)	
7.3.4 Simulación de caso remoto (carro tanque + tanque A-201 + tanque A-861)	
7.3.5 Simulación de la dispersión de fugas y derrames.	

7.4 Evaluación de Resultados.....	82
-----------------------------------	----

8. Medidas de Prevención y Mitigación

8.1 Protección Civil	106
8.2 Subprograma de Prevención	106
8.2.1 Organización	
8.2.2 Formación De Brigadas	
8.2.2A Definición	
8.2.2B Integración:	
8.2.2C Equipo para brigadistas:	
8.2.3 Formulación del programa interno	
8.2.4 Análisis de Riesgos	
8.2.4A Fenómenos geológicos	
8.2.4B Fenómenos hidrometeorológicos	
8.2.4C Fenómenos Químicos	
8.2.4D Fenómenos Sanitarios	
8.2.4E Fenómenos Socio-Organizativos	
8.2.5 Directorios e inventarios	
8.2.6 Señalización	
8.2.7 Mantenimiento	
8.2.8 Normas de seguridad	
8.2.9 Equipo de seguridad	
8.2.10 Capacitación	
8.2.11 Difusión y Concientización	
8.2.12 Ejercicios y Simulacros	
8.3 Subprograma De Auxilio.....	115
8.3.1 Alertamiento	
8.3.2 Plan de emergencia	
8.3.3 Evaluación de daños	
8.3.4 Vuelta a la normalidad	
8.4 Posibles Calamidades en el Area.....	116
8.4.1 Escenario	
8.4.2 Identificación	
8.4.3 Descripción	
8.4.4 Descripción del fenómeno de producción de una calamidad	
8.5 Medidas para la reducción del riesgo.....	119
8.5.1 Preventivas	
8.5.2 Administrativas	
8.5.3 Condiciones Técnicas	
9. Conclusiones	121
10. Bibliografía	123

1. Introducción

En las plantas de procesos químicos, la seguridad se ha convertido en un asunto de gran importancia y profesionalismo a medida que estas son más grandes, eficientes y complejas. El constante incremento del costo del equipo y las primas de seguros, así como la responsabilidad que implica el escape fuera de control de los servicios contenidos en los procesos y sus materiales, han incrementado el ímpetu de la industria hacia los objetivos de la Prevención de Riesgos.

El concepto de Seguridad en Procesos se hace necesario en todas las actividades gerenciales: entrenamiento, diseño, construcción, operación, mantenimiento, etc.

Es importante reconocer que el ANALISIS DE SEGURIDAD EN PROCESOS, es y debe ser considerado como un concepto primario en la seguridad del proceso para protección de su personal, instalaciones y comunidades. Para ello se requiere que el ANALISIS DE SEGURIDAD, se lleve consistentemente en forma regular y permanente en todos los procesos.

El aspecto del manejo, transporte o almacenamiento de sustancias peligrosas es de primera importancia, debido a los efectos que se pueden presentar en caso de un accidente; de particular interés es el referente a la liberación en la atmósfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga o derrame de un líquido que se evapora. A este respecto, el factor importante a considerar es la posible exposición de gente a concentraciones de un gas o vapor que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte. Actualmente, este tipo de eventos ha recibido especial atención debido a un número significativo de accidentes que se han registrado a nivel mundial.

El transporte de una sustancia peligrosa no es solamente llevarla del productor al consumidor, implica también su transporte en los lugares donde se utiliza. Cuando este movimiento interno es necesario, se recomienda que los recipientes destinados a contener dicha sustancia tengan ciertas características descritas en normas generales de seguridad.

Una situación parecida a la anterior es la relativa a la liberación masiva e instantánea de un gas tóxico, el cual forma una nube o "puff" que es transportada por el viento. Aquí es también importante el poder prevenir la exposición de la población a niveles de concentración peligrosos o letales.

Con mucha frecuencia en la industria se manejan sustancias que en determinado momento pueden provocar una explosión. En este sentido resultan de especial interés los gases o líquidos que puedan dar lugar a la formación de una nube explosiva. En este caso es importante el poder estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerado el personal expuesto y las características de instalaciones y procesos existentes.

Básicamente existen cuatro propiedades que promueven la seguridad en el manejo del Oxido de Etileno (OE):

- 1) Como líquido es inflamable y de fácil ignición.
- 2) Como gas se descompone violentamente cuando se expone a ciertas temperaturas.
- 3) Es tóxico "debe evitarse el contacto con el líquido o vapor".
- 4) Es altamente reactivo.

Por lo tanto, se hace necesario el acceso a toda la información posible en materia de seguridad para el manejo de esta sustancia peligrosa.

Además de las medidas de seguridad, es necesario contar con plan de contingencias y primeros auxilios (medidas de mitigación) para aplicación inmediata ante cualquier tipo de emergencia. Se incluyen entre ellos: control de fugas y derrames, combate de incendios y plan de evacuaciones, entre otros.

2. El óxido de etileno

2.0 DESCRIPCIÓN GENERAL.

El Óxido de Etileno, OE, bajo condiciones de presión, es un líquido volátil e incoloro, de olor cléreo. A condiciones normales de temperatura y presión es gas. Condensa a bajas temperaturas y hierve a 10.4°C (50.7 F) a 760 torr (1 atm). Es miscible en todas proporciones con agua, alcohol, éter y con la mayoría de disolventes orgánicos usuales. Tiene un *flash point* de -51°C (-59.8 F) y es inflamable en un amplio rango de concentraciones vapor-aire. El material tiene que ser diluido en el orden de 24 a 1 con agua antes que el líquido pierda su inflamabilidad. Si se contamina puede polimerizar violentamente con incremento de calor y la ruptura de su contenedor. Los vapores pueden arder dentro del contenedor y son severamente irritantes a los ojos, la piel y sistema respiratorio de manera temporal. El contacto prolongado con la piel provoca quemaduras retardadas. Los vapores son más pesados que el aire y como líquido es más ligero que el agua. Ver información desglosada de sus propiedades físicas y químicas.

2.1 IDENTIFICACION DEL MATERIAL

Nombre común	óxido de etileno	
Fórmula	C ₂ H ₄ O	
Nombre químico	1,2 epoxietano	
Peso molecular	44.05	
Núm UN	1040	
Núm CAS	75-21-8	
Núm Guía DOT	69	
Nivel de riesgo NFPA	Salud	3
y NOM 114-STTS-1994	Fuego	4
	Reactividad	3

Significado según la NOM-114

- Grado de Riesgo a la *Salud* (color azul) ----- 3 -----Serio
Sustancias a las que después de una exposición severa y/o continua pueden causar daños severos temporales o daños residuales al trabajador aun en el caso de recibir rápida atención médica. Incluye aquellos que requieren protección total de contacto corporal y equipo de respiración autónomo. Efectos: en piel, irritación y/o corrosividad; en ojos, corrosivo y oscurecimiento irreversible de la córnea.

Num UN: Número de las Naciones Unidas

Num CAS: Número de Servicios de Chemical Abstracts

Num DOT: Departamento de Transporte de los E.U.

NFPA: Asociación Nacional de Protección de Incendios de los E.U.

NOM 114: Sistema Para la Identificación y Comunicación de Riesgos por Sustancias Químicas en los Centros de Trabajo

- Grado de Riesgo de *Inflamabilidad* (color rojo) ----- 4 ----- Severo
Materiales que pueden incendiarse bajo casi todas las condiciones ambientales de temperatura. Sustancias en este grado de riesgo producen atmósferas peligrosas con el aire bajo casi todas las temperaturas ambientales y aunque no sean afectadas por esas temperaturas pueden arder fácilmente bajo casi cualquier condición. Sustancias que por cuenta de sus forma física y condiciones ambientales rápidamente se dispersan en el aire y pueden formar mezclas explosivas con el mismo.
- Grado de Riesgo de *Reactividad* (color amarillo) ----- 3 ----- Serio
Sustancias que fácilmente son capaces de reaccionar violentamente o detonar o explotar por descomposición a temperatura ambiente y presión atmosférica. Sustancias que son sensibles a un choque térmico o mecánico localizado a temperatura ambiente y presión atmosférica.

2.1.1 Sinónimos

1-2 EPOXIAETHAN (ALEMAN)	ETOX
1-2 EPOXIETANO	ETYLENU' TLENEK (POLACO)
AETHYLENOXID (ALEMAN)	FEMA No. 2433
ALFA, BETA-OXIDOETANO	GAS ESTERILIZANTE 100% OE
AMPROLENO	GAS-T
ANPROLENO	MERPOL
ANPROLINO	O.E.
DIHIDROOXIRENO	OXIDO DE DIMETILENO
E.O.	OXIDO DE ETENO
ENT-26263	OXIETILENOETHYLENE
OXIRANEETHYLENEOXIDE	OXYFUME

2.2 HISTORIA

El método de obtención del óxido de etileno (OE) fue descubierto por el investigador alemán Würtz [1] en 1859. Esta reacción se basa en la adición de hidróxido de potasio para eliminar el ácido clorhídrico de la etilénclorhidrina. Wurtz le dio este nombre a su descubrimiento debido a ciertas analogías entre sus propiedades y las de varios compuestos inorgánicos. En 1860, el investigador explicaba que el OE no podía obtenerse por una combinación directa de etileno y oxígeno; sin embargo, el compuesto se obtiene por la oxidación de etileno utilizando plata como catalizador; es decir, con el mismo proceso pronunciado imposible por su descubridor hace más de 130 años.

Básicamente hay dos tipos de procesos para la obtención comercial de óxido de etileno. El primero y el más viejo es el proceso de clorhidrina (en desuso), el segundo es el proceso más económico de oxidación directa cuyo desarrollo ha sido un factor importante en el crecimiento del mercado de OE. En 1953, se hizo una comparación de los dos procesos concluyendo que los costos de producción del óxido de etileno vía clorhidrina eran más elevados que los costos del proceso vía oxidación directa. Otra desventaja en el proceso de clorhidrina es el tratamiento de grandes cantidades de agua residual que contiene cloruro de calcio, hidrocarburos y glicoles.

La preparación del OE por la unión directa de oxígeno y etileno fue desarrollada por el científico e investigador Lefort [2] en 1931 quien patentó un proceso de oxidación de etileno catalizado por plata para producir esencialmente OE, CO₂ y H₂O. De acuerdo a la literatura publicada, todos los procesos de oxidación directa de OE que existen hoy en día están basados en el descubrimiento de Lefort y usan la misma química.

El primer proceso comercial de OE usando oxidación directa se desarrolló en Estados Unidos por *Carbide & Carbon Chemicals Corp.* (ahora *Union Carbide Corp.*) la cual comenzó su primera planta basada en el uso de aire y sin licenciar el proceso en 1937. Para 1953 ya se había comercializado el proceso basado en aire y se ofrecía su licencia y para el final de la década de los 50's, la oxidación directa comenzaba a reemplazar al proceso vía clorhidrina. En 1958 *Shell* introdujo el primer proceso basado en oxígeno para la oxidación directa de etileno. Al comenzar los años 60, se comercializaron otros procesos basados en aire. En los años subsecuentes, se anunció el desarrollo de los procesos basados en oxígeno por *Sumitomo* (1977), *Nippon Shokubai* (1976) y *Union Carbide* (1976).

Debido al tonelaje mundialmente usado de etileno en su manufactura, el óxido de etileno es el segundo derivado químico del etileno más importante (después del polietileno) y es el compuesto intermediario más usado en la síntesis de un número considerable de productos orgánicos finales.

[1] A. Wurtz, *Justus Liebigs Ann. Chem.*, 110 (1859), pp. 125-128.

[2] *Societe Francaise de Catalyse Generalisee*. FR 729 952, 1931; 739 562, 1931 (F. E. Lefort).

2.3 PROPIEDADES FISICAS Y FISICOQUIMICAS

Incluye:

- Tabla de Propiedades Físicas y químicas, tabla 1.
- Gráficas:
 - Densidad del líquido
 - Presión de Vapor
 - Viscosidad del líquido
 - Conductividad Térmica del líquido
 - Calor de Vaporización
 - Viscosidad del Vapor
 - Conductividad Térmica del Vapor
 - Puntos de Congelación de mezclas OE-agua
- Diagramas Ternarios:

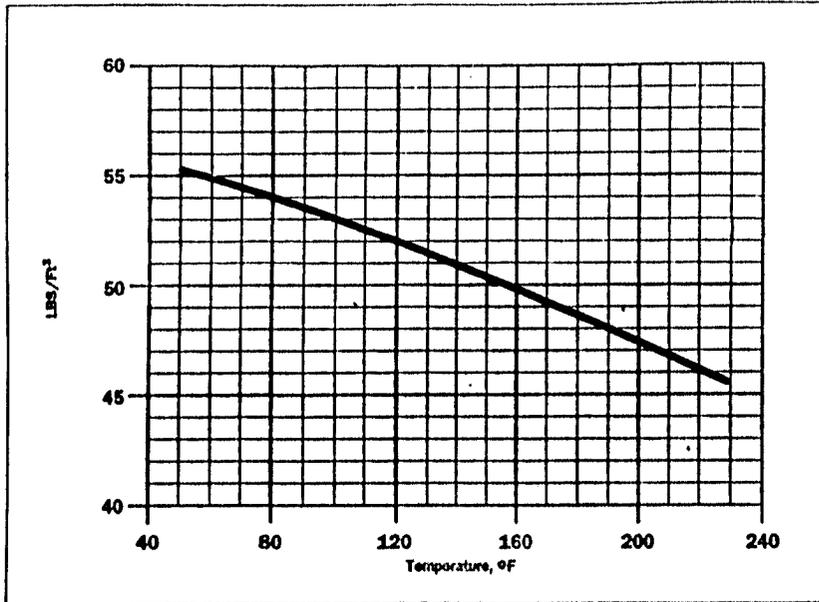
Límites de Inflamabilidad de Mezclas de OE, nitrógeno y aire a 1 Kg/cm²

Límites de Inflamabilidad de Mezclas de OE, nitrógeno y aire a 3 Kg/cm²

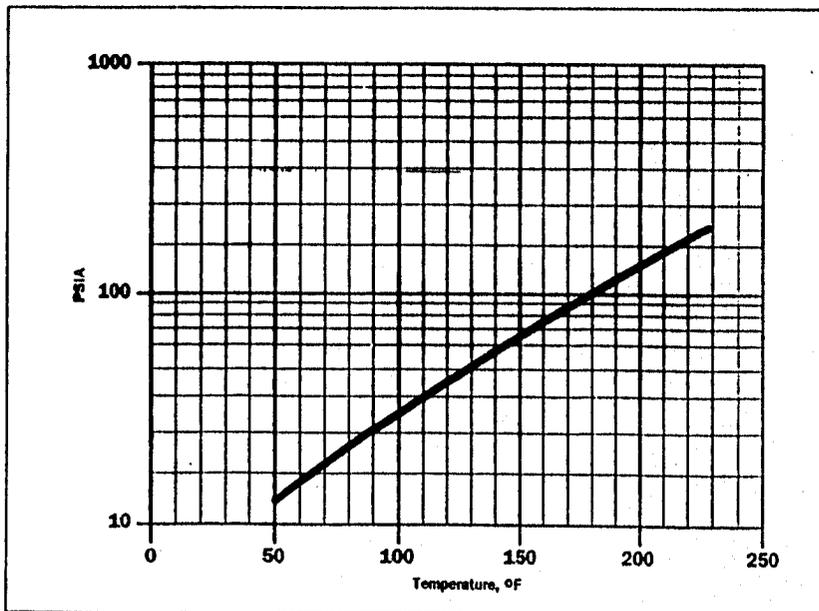
Tabla 1. Propiedades Físicas del Oxido de Etileno

PROPIEDADES	UNIDADES SI	UNIDADES COMUNES DE INGENIERIA
Nombre Chemical Abstracts	Oxirano	
Fórmula Química	C ₂ H ₄ O	
Peso Molecular	44.05	
Concentración Usual	100% prácticamente puro	
Edo. Físico a T y P Normales	Gas	
Color	Incoloro	
Olor	Característico, éter etílico	
Peso Específico 20/20 °C (68/68 °F), Aparente	0.8711	
LIQUIDO		
Punto de Ebullición:		
a 760 mm Hg	10.4 °C	50.72 °F
a 300 mm Hg	-11.0 °C	12.2 °F
a 10 mm Hg	-66.0 °C	-86.8 °F
Presión de Vapor a 20°C (68°F), Absoluta	146 kPa	21.17 psia
Punto de Congelación	-111.7 °C	-169 °F
Punto de Congelación Soluciones Acuosas:		
c/10% Oxido de Etileno	5.0 °C	41 °F
c/30% Oxido de Etileno	11.5 °C	53 °F
c/50% Oxido de Etileno	9.4 °C	49 °F
c/70% Oxido de Etileno	6.0 °C	43 °F
Constante Dieléctrica a 0°C (32°F)	13.71	13.71
Momento Dipolar coulombímetro (Debye)	6.30 E-30	1.89
Índice de Refracción, n _D 20°C (44.6°F)	1.3597	1.3597
Coefficiente de Expansión a 20°C (68°F)	0.00161	0.00161
Calor Latente de Vaporización a 760 mm Hg	25.5 kJ/mol	249 Btu/lb
Higroscopicidad	Ligera	
Solubilidad en Agua	En todas proporciones	
Corrosividad	No es corrosivo	
Reactividad	Elevada	
Viscosidad a 0°C (32°F)	0.29 mPa·s	0.29 cP
Viscosidad a 10°C (50°F)	0.28 mPa·s	0.28 cP
Capacidad Calorífica, -25 a 10 °C (-13 a 50 °F)	1.72 kJ/kg·K	0.41 Btu/lb·°F
Calor de Fusión	5.17 kJ/mol	50.5 Btu/lb
Calor de Reacción con Agua a 25°C (77°F)	87.9 kJ/mol	859 Btu/lb
Calor de Descomposición	1900 kJ/kg	817 Btu/lb
Calor de Combustión	29340 kJ/kg	12614 Btu/lb
Presión Crítica (Absoluta)	7193 kPa	1043 psia
Temperatura Crítica	196 °C	384.4 °F
Gravedad Específica, 20/20 (68/68 °F)	0.8719	0.8719
Tensión Superficial, 20°C (68°F)	24.33 mN/m	24.33 dina/cm
Punto de Inflamación	-50.6 °C	-59 °F
VAPOR		
Capacidad Calorífica a 25°C (77°F)	1.10 kJ/mol·K	0.262 Btu/lb·°F
Conductividad Térmica a 25°C	0.0124 W/m·K	0.18 Btu/h·°F·ft
Temperatura de Autoignición	429 °C	804 °F
Límites de Inflamabilidad, % volumen de aire	LI = 3% LS = 100%	LI = 3% LS = 100%

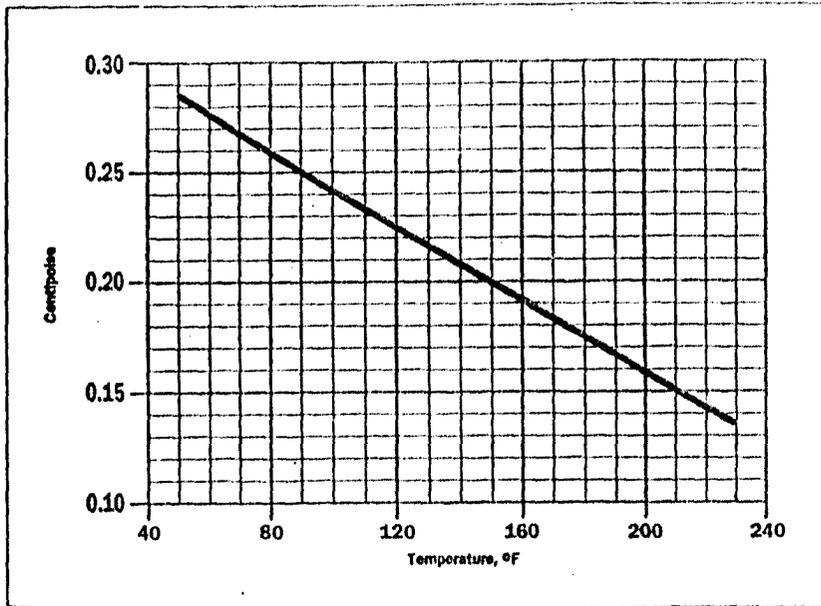
Ethylene Oxide Liquid Density



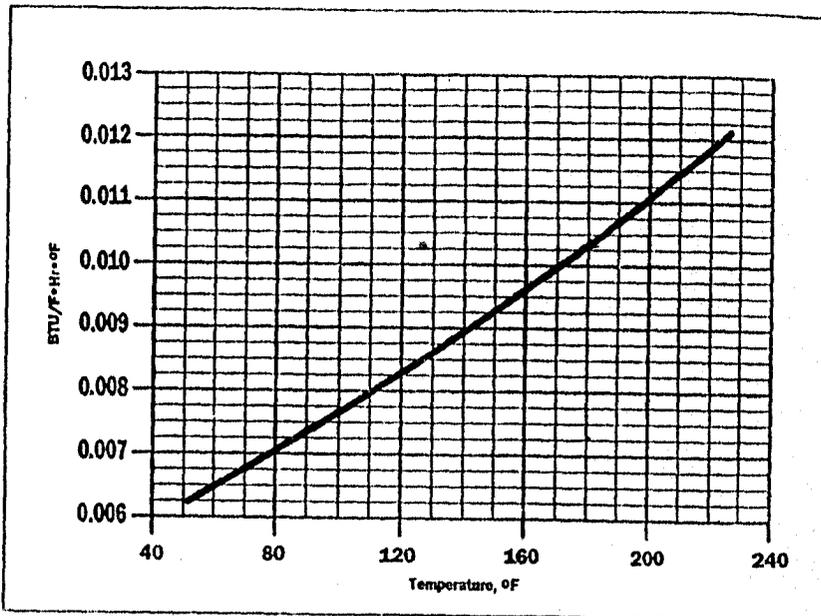
Ethylene Oxide Vapor Pressure



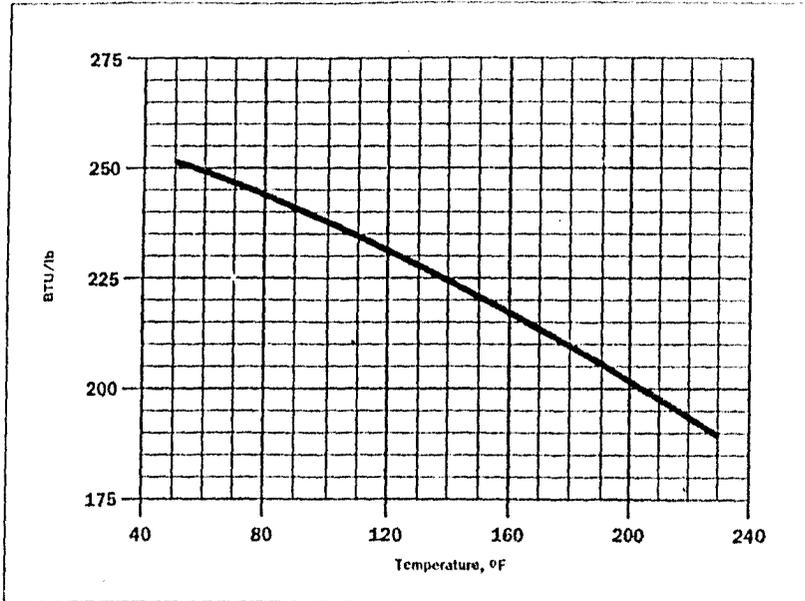
Ethylene Oxide Liquid Viscosity



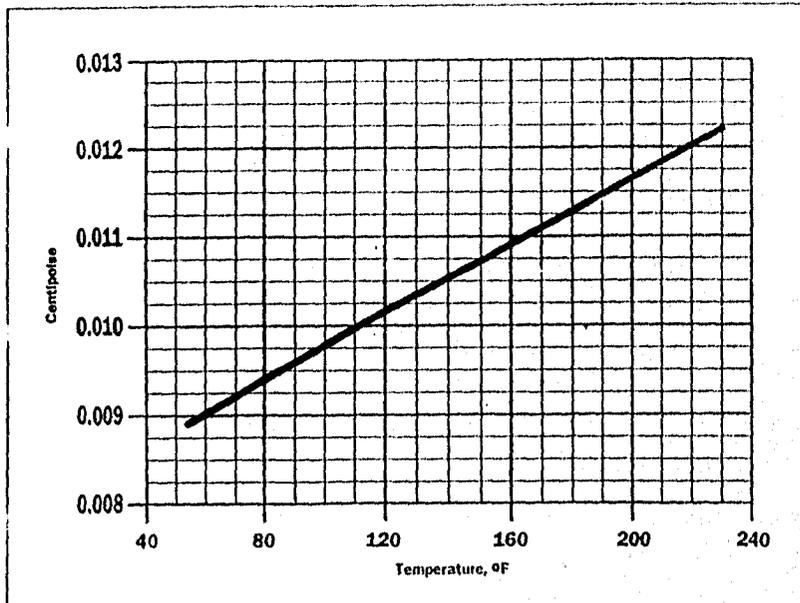
Ethylene Oxide Liquid Thermal Conductivity



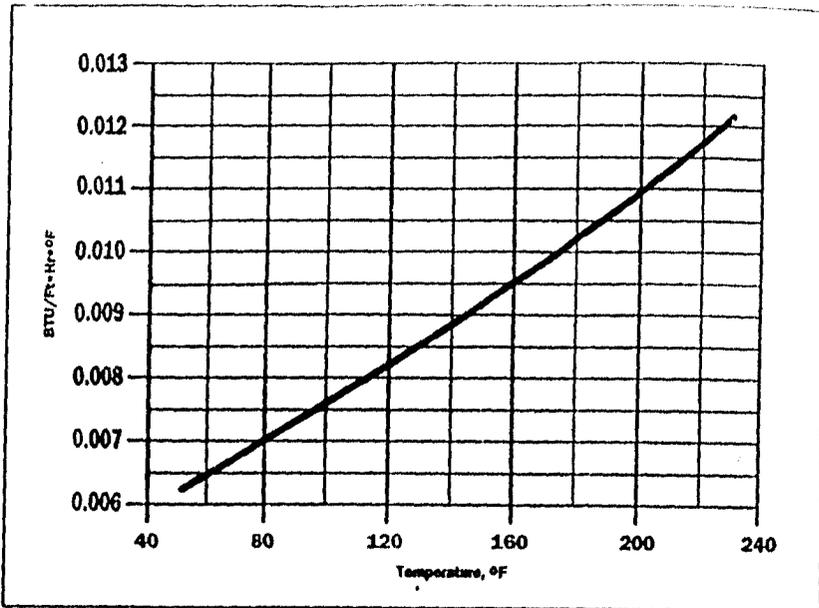
Ethylene Oxide Heat of Vaporization



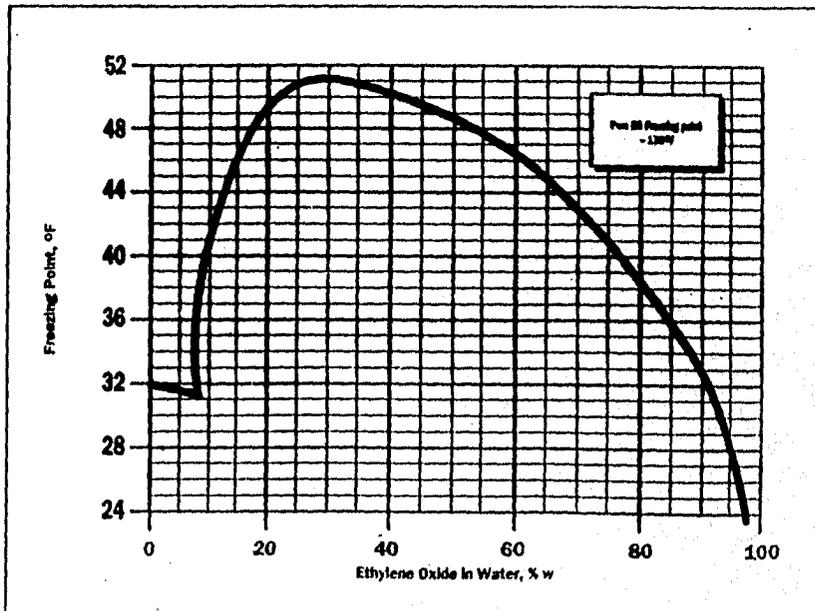
Ethylene Oxide Vapor Viscosity



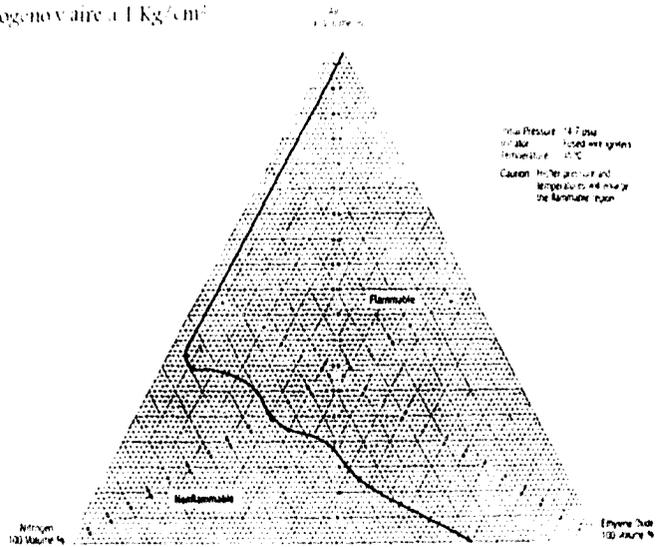
Ethylene Oxide Vapor Thermal Conductivity



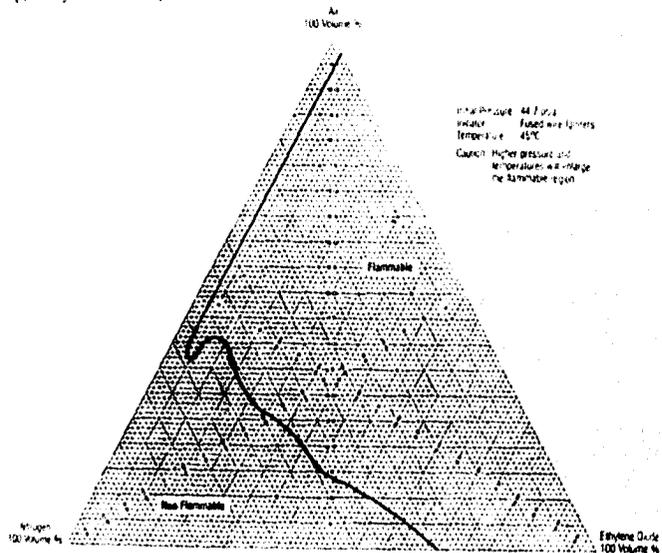
Freezing Points of Ethylene Oxide/Water Mixture



Limites de inflamabilidad de Mezclas
 OE, nitrógeno y aire a 1 Kg/cm²

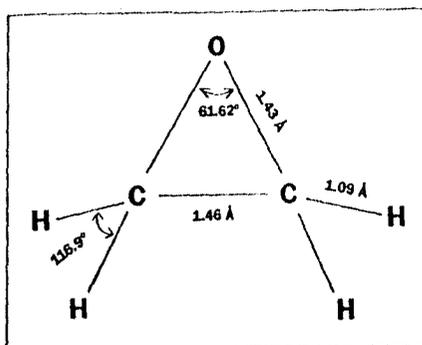


Limites de Inflamabilidad de Mezclas
 OE, nitrógeno y aire a 3 Kg/cm²

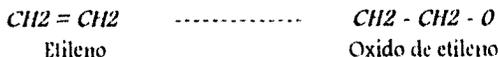


2.4 QUIMICA

En química orgánica el OE es conocido como un compuesto epóxido. Los epóxidos son compuestos que contienen un anillo de tres átomos. Son éteres, pero el anillo de tres átomos les confiere propiedades fuertemente polares.



El OE (oxirano) es el éter cíclico más simple. Se prepara industrialmente por oxidación catalítica del etileno con aire.



Los epóxidos deben su importancia a su elevada reactividad, debido a la facilidad de apertura de su anillo de tres átomos, que está sometido a una gran tensión. Los ángulos de enlace del anillo, que tienen un promedio de 60° , son considerablemente menores que el ángulo tetraédrico normal de carbono de 109.5° , o del correspondiente al oxígeno divalente en éteres de cadena abierta a 110° . Como los átomos no pueden ubicarse para permitir un solapamiento máximo de orbitales, y los enlaces resultan más débiles que un éter ordinario, la molécula es menos estable.

Los epóxidos sufren reacciones catalizadas por ácidos con mucha facilidad a diferencia de los éteres corrientes y pueden ser degradados incluso por bases.

2.4.1 Reacciones químicas

El OE es altamente reactivo y es, principalmente, un intermediario químico para la manufactura de polietilenglicol, etilenglicol, etanolaminas, etilen-cianhidridas, hidroxietil-celulosa y una gran variedad de agentes tensoactivos.

Reacciona exotérmicamente, especialmente en presencia de un catalizador y con todos los compuestos que contengan un átomo de hidrógeno lábil, tales como el agua, alcoholes, aminas, amoníaco y ácidos orgánicos. Esto ocurre por la introducción del grupo hidroxietilo ($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$). El grupo hidroxietilo incrementa la solubilidad en agua de los compuestos resultantes y eleva su punto de ebullición de 50 a 200°C (90 a 360°F).

La mayor parte de la reacción de hidróxido de etileno con el grupo hidroxietilo produce aductos del polietilenglicol. Los aductos de etilenglicol de fenoles alquilados y alcoholes lineales son típicos de estos derivados (detergentes no iónicos importantes y agentes tensoactivos). Los ácidos grasos reaccionan con el OE produciendo ésteres de polioxi-etileno, los cuales se usan como agentes emulsificantes no iónicos.

2.5 APLICACIONES Y DERIVADOS DEL OE.

2.5.1 Aplicaciones

Las aplicaciones prácticas del óxido de etileno como tal, son variadas. Se le usa como esterilizante y como fumigante pues destruye hongos, bacterias y otros microorganismos. Se le aplica también a la esterilización de vendas y otros materiales quirúrgicos. En la fumigación del tabaco y materiales textiles, suele usarse diluido con dióxido de carbono (carbóxido), condición en que no es inflamable. También se emplea para la conservación de alimentos, agregando pequeñas cápsulas del producto en disolución acuosa congelada, dentro de bolsas selladas de material plástico que le permiten difundirse y esterilizar el contenido de las bolsas. Se le aplica también para la modificación del almidón, para la etilificación de la celulosa y para "endulzar" los derivados del petróleo, en presencia de un catalizador adecuado.

2.5.2 Derivados

ETILENGLICOL	----- OXIDO DE ETILENO -----	ESTERILIZANTE
ESTERILIZANTE	ANTICONGELANTE	TENSOACTIVOS
GLICOLIS TERCIARIOS	GLICOLETER	GLICOL INDUSTRIAL
DIESTER	ETANOLAMINAS	OTROS USOS

Etilenglicol. Se utiliza principalmente como un anticongelante para automóviles y como un material en crudo para producir polietileno y tereftalato; el cual, a su vez, se utiliza para la manufactura de la fibra poliéster, película y botellas. Otras aplicaciones importantes para el etilenglicol son: como fluido de transferencia, como un dispositivo *antihielo* para autopistas de aterrizaje, como un estabilizador *congelante/descongelante* en pinturas de látex y como material en crudo para dinitrato de etilenglicol que se usa para algunas dinamitas. Los di, tri y tetra-etilenglicoles, son productos del etilenglicol.

Polietilenglicoles. Los polietilenglicoles de bajo peso molecular son polímeros solubles en agua. Se obtienen por la reacción de OE con agua o etilenglicol. Los poliglicoles se usan en cosméticos, ungüentos y otros productos en los que se requiere suavidad, solubilidad en agua y lubricación. También se usan como lubricantes solubles en agua para moldes de goma, en procesos textiles y de cerámica, en aplicaciones de moldeo de metales. Son buenos plastificantes y dispersantes para composiciones de cafeína, de gelatina, colas, corchos y tintas de impresión especiales. Son disolventes finos para tintas, resinas, proteínas y diversos medicamentos.

Eteres de glicol. Se obtienen por la reacción de OE con alcoholes tales como metanol, etanol, butanol, etc. Se usan en fluidos descongelantes, fluidos para frenos, detergentes y disolventes en aplicaciones de recubrimiento.

Etanol aminas. Se obtienen por la reacción de OE con amoníaco. Cerca de 1/3 de a producción de etanol aminas se usa en detergentes. Otras aplicaciones incluyen purificación de gas, cosméticos, especialidades textiles e intermediarios químicos.

Agentes tensoactivos no iónicos. Se derivan de la adición de OE a alcoholes grasos, alquil fenoles, ácidos grasos, alquil-mercaptanos y varios polioles tales como propilenglicol, sorbitol y manitol. Se usan en formulaciones de detergentes caseros y aplicaciones de tensoactivos industriales.

Óxido de polietileno. Las resinas de óxido de polietileno se encuentran en el mercado con pesos moleculares del rango de 90,000 a 3.8 millones. Estos polímeros tienen diversas e interesantes aplicaciones. Una solución muy diluida en agua (100 ppm) reduce grandemente la viscosidad, es por eso que éstas resinas se usan en combates de incendio para liberar grandes cantidades de agua a través de pequeñas mangueras. En agricultura, se usa para encapsular semillas a espacios regulares. Se usa como material de empaque soluble en agua así como en coagulación.

Hidroxietil-celulosa. La reacción de OE con celulosa alcalina tratada produce una serie de éteres de hidroxietil celulosa. La Hidroxietil celulosa es un polímero no iónico, soluble en agua, que puede engrosar, suspender, enlazar, emulsificar, formar películas, estabilizar, dispersar, retener agua y proveer acción coloide protectora.

Cloruro de colina. Es una vitamina dietética que se utiliza como complemento de alimento para pollos y pavos; es necesaria para prever la falta de crecimiento en los pollos jóvenes, cuando éstos no utilizan eficientemente la metionina y su organismo no puede sintetizar la lecitina. También se utiliza en medicamentos geriátricos para humanos aunque éste consumo es mínimo. Se elabora sintéticamente por la neutralización con HCl, del producto resultado de la reacción entre OE y trimetil amina.

Otros derivados. El carbonato de etileno que se obtiene por la reacción de OE y CO_2 , se utiliza como disolvente.

2.6 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Proceso de obtención en el complejo industrial Pajaritos Veracruz. (Pemex).

- La obtención de óxido de etileno se logra mezclando aire comprimido, etileno y gas de recirculación, ésta corriente separa a reactores catalíticos.
- La temperatura de oxidación se controla mediante un enfriador orgánico (aceite mobiltherm).
- Los gases que salen de los reactores, ricos en OE, se enfrían más aún y se comprimen de nuevo.
- El enfriamiento se logra por intercambio recuperativo contra los gases de recirculación.
- La corriente en proceso sigue a un depurador, donde el OE se absorbe en solución acuosa diluida.
- Casi todos los gases que no se absorben se recirculan al reactor a través del intercambiador recuperador, con lo que se completa el ciclo.
- Otra porción de gases se envía al reactor secundario, para purgar los gases inertes.
- En el reactor secundario se elimina el etileno remanente; el efluente se enfría y el OE se absorbe en un depurador; al tiempo que los gases residuales se descargan del sistema.
- El catalizador es de base de metal noble (plata), es extrudable y muy activo. Ver Diagrama de Bloques y Diagrama de Flujo (figuras 11 y 12 respectivamente).

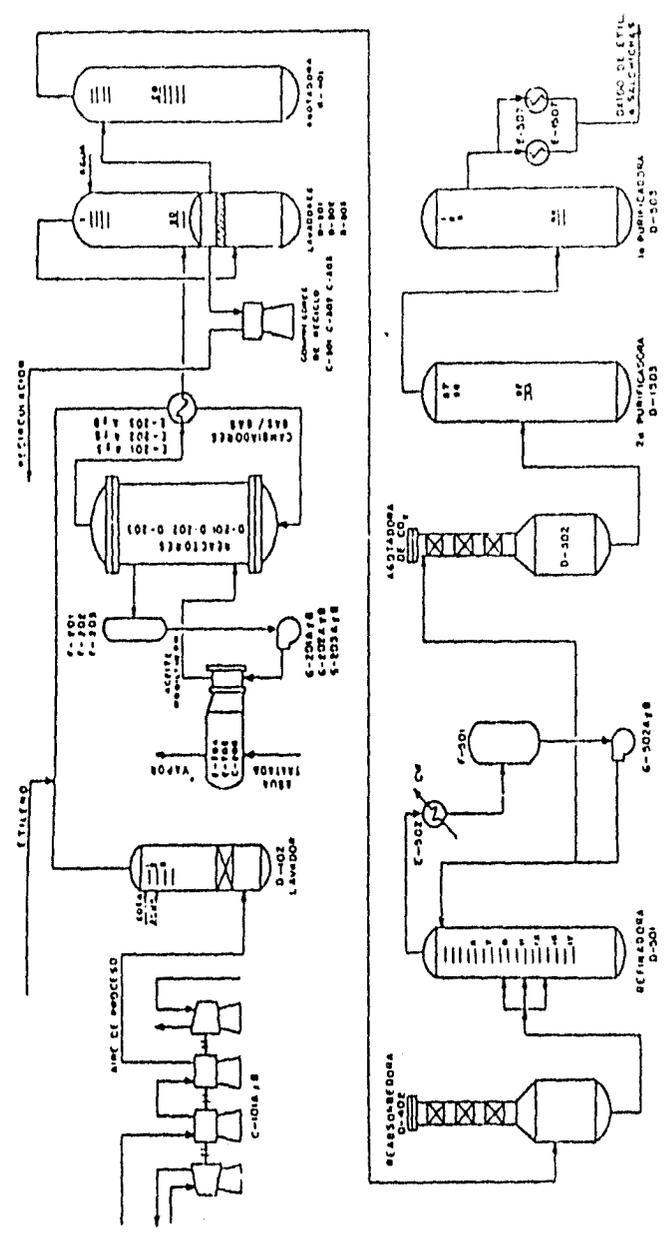


DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
 PLANTA DE OXIDO DE ETILENO
 COMPLEJO INDUSTRIAL
 PAJARITOS VER.

FIGURA 11

OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

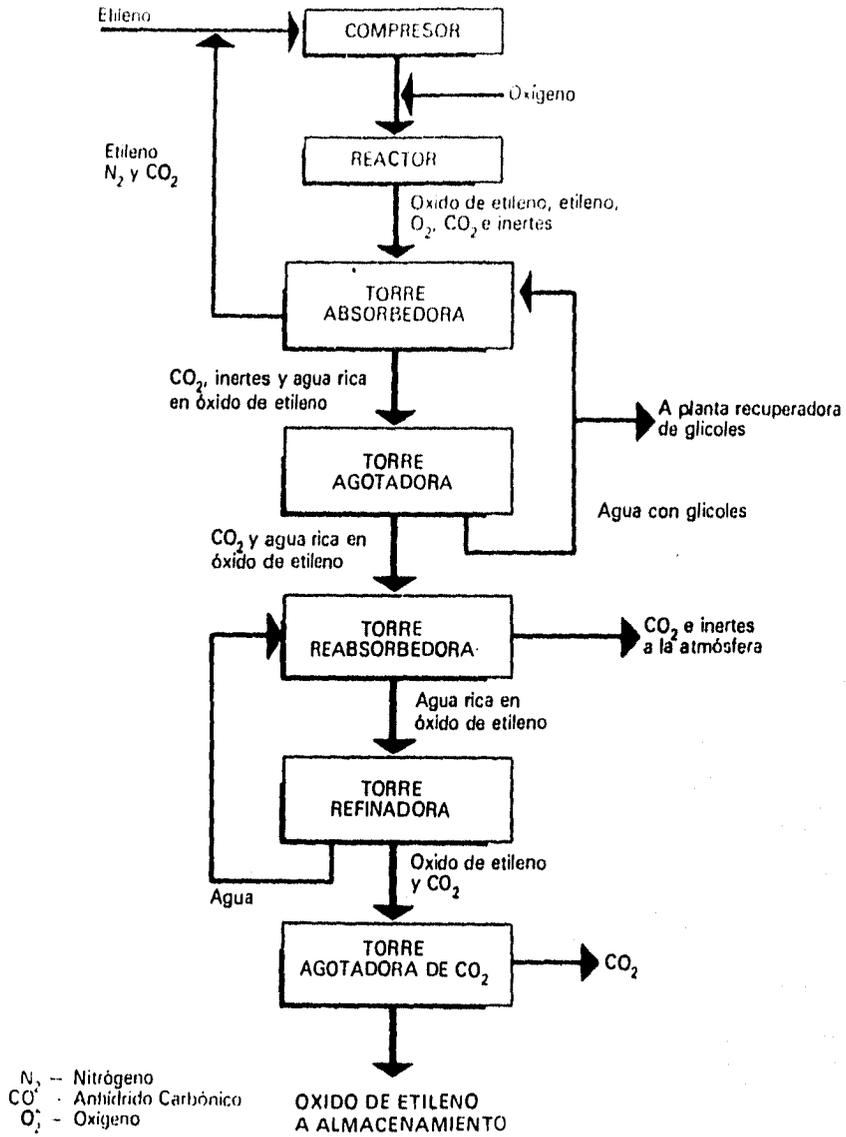


FIGURA 12

2.6.1 Catalizador

El catalizador tiene la mayor influencia en la eficiencia y economía de la reacción de oxidación directa y ha sido sujeta a investigación intensiva. En general todos los catalizadores usados en el proceso comercial de OE contienen plata depositada sobre un agente inerte con la adición de promotores y moderadores que promueven la selectividad y estabilizan la actividad.

2.7 INFLAMABILIDAD

El OE es extremadamente inflamable y explosivo, con un punto de inflamación de 17.8 C (64 F) en copa cerrada. Esta reacción es amortiguada y aún suprimida totalmente mediante la adición de un gas inerte o no reactivo, como por ejemplo, el nitrógeno, el CO₂ y otros hidrocarburos saturados.

Debido a su inflamabilidad y a su bajo punto de ebullición (10.6 C), el OE es similar al LPG; pero existe una diferencia esencial: el OE es completamente soluble en agua. Una disolución llega a ser extinguido cuando hay 24 partes de agua por una de OE; en este punto, la disolución tiene un *flash point* (copa cerrada) de 31 C (88 F).

Los vapores de OE forman mezclas inflamables con el aire en concentraciones mayores al 3% en volumen. Aún las disoluciones acuosas que contienen más de 4.35% en peso de OE, mantienen la combustión en la superficie. Cuando está ardiendo, la velocidad con la que se consume es de 3.5 mm/min. Es posible que se presente fuego, o una explosión lejos de la fuente original del OE, ya que los vapores pueden recorrer grandes distancias hasta alcanzar una fuente de ignición.

En ausencia de aire, el vapor de OE puede incendiarse bajo condiciones donde haya un incremento rápido de temperatura y presión; por ejemplo, cuando el recipiente es expuesto a las llamas, donde el incremento de calor es tan rápido que las válvulas de seguridad y los discos de ruptura no proporcionarían una protección adecuada. El vapor también se puede incendiar al entrar en contacto con materiales porosos, por ejemplo: depósitos de arcilla, o de carbón activado. Forma mezclas explosivas con agentes oxidantes.

Otra posible causa de explosión sería la descomposición en la fase líquida debido esencialmente a la catálisis accidental del OE. El NEC (National Electric Code) lo clasifica como Clase I, grupo B.

2.8 TOXICIDAD

El OE puede causar la muerte y desórdenes neurológicos, penetra en el organismo principalmente por inhalación, absorción, contacto y eventualmente por ingestión.

2.8.1 En estado líquido

Por ingestión puede causar irritación severa y ulceración de la boca y garganta, dolor abdominal, náuseas, vómito, colapso y coma. El contacto por tiempos cortos con partes de la piel que no están cubiertas con ropa pueden no producir irritación inmediata, pero podría causar dermatitis, eritema local, edema y formación de vesículas; así como quemaduras al evaporarse rápidamente. Puede haber un período latente de varias horas para presentarse estos signos. Grandes volúmenes de OE salpicado en la piel podrían causar un congelamiento de tipo lesionante debido a su rápido enfriamiento.

Una sencilla exposición prolongada, no es probable que resulte en que el material empiece a ser absorbido a través de la piel en cantidades perjudiciales.

Se generan quemaduras por contactos prolongados con sus disoluciones acuosas, en el rango de 40-80% de OE y aparecen más rápido que con el material seco.

Los ojos son particularmente susceptibles a sufrir daños permanentes que pueden provocar irritación severa, daño corneal o pérdida de la vista cuando tienen contacto con el material.

2.8.2 En estado gaseoso

Los vapores de OE irritan los ojos y el sistema respiratorio y producen dolor de cabeza. Estos efectos pueden ser notables a una concentración de 50 ppm en la atmósfera, su olor aparente no se percibe hasta que la concentración alcanza 700 ppm. Pero ni el olor, ni la irritación pueden informarnos de la presencia de concentraciones de vapores que pueden ser dañinas por contacto repetido, o prolongado; debido a que el olfato se fatiga. El efecto de las bajas concentraciones no es acumulativo, pero en algunos casos la exposición continua a concentraciones subtóxicas puede reducir la tolerancia individual.

Se pueden tener concentraciones excesivas de vapores fácilmente y pueden causar efectos adversos, e incluso, la muerte.

- El Threshold Limit Value, TLV para 8 horas de trabajo es 1 ppm.
El TLV para 15 minutos de exposición es de 5 ppm.
- El LD50 en ratas es 72 mg/kg.
- El LD50 cutáneo en ratas es 187 mg/kg.
- El LC50 en ratas es 800 ppm en 4 horas.
- El Odor Threshold se reporta con 50 ppm.
- La concentración inmediatamente peligrosa para la vida, IDLH es 800 ppm.
- Tiene efectos en la reproducción, teratogénico
- Es Mutagénico

2.8.3 Exposición prolongada

Después de una exposición prolongada se producen efectos que pueden ser: irritación severa del tracto respiratorio y pulmones, tos, dolor de cabeza, vómito, diarrea, ataques convulsivos, disminución del ritmo respiratorio, edema, infecciones secundarias de los pulmones, anemia, cianosis, atrofia muscular, daños a los nervios de las extremidades, efectos en el hígado, riñones y ritmo. Puede ocurrir también depresión del sistema nervioso central acompañado con disnea, cianosis, debilidad, falta de coordinación, desorientación e inconciencia.

2.8.4 Exposición repetida (crónica)

Trabajadores expuestos a más de 700 ppm por un periodo de dos meses presentaban irritación de las mucosas, dolor de cabeza, náusea, vómito, letargia, debilidad en las extremidades, dificultad para recordar. Se han descrito efectos neurotóxicos periferales e indicaciones de toxicidad del sistema nervioso central y algunos casos de formación de cataratas. Un estudio epidemiológico indica que la exposición de OE en mujeres, incrementa el índice de abortos, en estudios de laboratorio se ha encontrado que esto ocurriría solo a una exposición de altas concentraciones. OSHA ha definido al OE riesgoso para la reproducción.

En una gran variedad de sistemas de prueba se encontró que el OE produce efectos mutagénicos y teratogénicos. Los animales expuestos a los vapores han mostrado un incremento en la incidencia de ciertos tumores malignos. En humanos, ocurre un incremento de leucemia y cáncer estomacal. Basado en datos experimentales y observacionales, éste material es listado como un carcinógeno potencial por la ACGIH, IARC, OSHA y NTP.

2.8.6 Medio Ambiente

La información básica que considera los efectos que tiene el óxido de etileno sobre el medio ambiente, se listan a continuación.

Toxicidad acuática. El OE es moderadamente tóxico a la vida acuática tal como lo indica por la concentración letal media (LC50)* 96 horas de 84 mg/L en "peces bobos". Los sistemas de laboratorio para tratamiento biológico, diseñados para simular plantas de tratamiento de aguas residuales, funcionaron apropiadamente en aguas de desecho industrial conteniendo concentraciones de OE que van desde 10 a 100 mg/L.

Biodegradación. Los estudios de la Demanda Biológica de Oxígeno (BOD) muestran que el OE y sus derivados son biodegradables a un ritmo de limpieza rápida (BOD 50% completo en 20 días), lo que previene la permanencia y reduce cualquier potencial para concentraciones tóxicas por largos periodos.

Hidrólisis. En agua dulce, el OE hidroliza al etilenglicol con un tiempo de vida media de 14 días. Con agua salada, la hidrólisis tiene nueve días de vida media con un rendimiento de etilenglicol y etilensorbidrina en una proporción de 4:1.

Volatilización. El OE se volatiliza del agua a la atmósfera a una velocidad 40% más que el oxígeno. La literatura indica que el OE no permanece en el aire debido a los procesos de lavado por la lluvia y la degradación via radicales libres.

Sumario de impacto ambiental. El óxido de etileno es una estructura química no permanente en el aire por lo cual no se espera que se acumule en el medio ambiente. Su nivel moderado de toxicidad acuática acoplada con esta no permanencia podría prevenir cualquier efecto grandemente tóxico en sistemas acuáticos.

2.9 REACTIVIDAD

2.9.1 Estabilidad

El OE es estable a la descomposición a temperatura ambiente si se encuentra contenido en los materiales apropiados. Resiste golpes, sacudidas y aun detonaciones de materiales muy próximos. Las mezclas de vapores de OE y aire explotan violentamente en todas las concentraciones del producto superiores a 3%. Los vapores puros de OE se descomponen violentamente si hay detonaciones, ignición, o calentamiento alrededor de 560 °C (1040 °F), aún en ausencia de aire. Esta descomposición se previene por dilución con gas inerte (N₂, CO₂), o con hidrocarburo (metano). Para fines prácticos, se deberá conocer la presión mínima que es necesario mantener inyectando de diluyente en los recipientes que contienen OE líquido para garantizar que la fase gaseosa se encontrará siempre a las condiciones establecidas.

2.9.2 Polimerización

El OE líquido es muy susceptible a la polimerización a temperatura ambiente iniciada por ácidos, bases, o catalizadores tales como cloruro de hierro anhidro, aluminio, óxidos de metales y estaño. El óxido de hierro es un iniciador moderado de la reacción, por lo que debe ser removido del equipo que contenga éste producto y evitar un tiempo prolongado de almacenamiento en recipientes pequeños o tuberías donde se tiene una alta relación superficie-volumen. No se debe almacenar OE contaminado con agua para evitar reacciones potenciales peligrosas.

La iniciación de la polimerización puramente térmica comienza alrededor de los 100 °C (212 °F) y una vez desencadenada (el hierro es su promotor), es altamente exotérmica (22 Kcal/gmol); si no se controla la temperatura, la reacción se autocataliza y se produce vaporización y descomposición explosiva. Cuando se almacena líquido por un periodo prolongado, se forma un polímero gelatinoso, pero la reacción es lenta a menos que sea catalizada; el polímero sólido que se forma no es susceptible de detonación.

Cuando se le transporta, al interior del contenedor se le da un tratamiento de *pasivación* con ácido fosfórico. No se utiliza inhibidor de polimerización.

2.9.3 Incompatibilidad

Se debe evitar el contacto con: Ácidos, polimerización exotérmica; Alcoholes, posible explosión; Hidróxidos de metales alcalinos, reacción violenta de polimerización; Alcanotioles, reacción violenta bajo presión; Cloruro de aluminio, polimerización exotérmica; Óxido de aluminio, polimerización violenta; Aminas, polimerización explosiva; Amoníaco, polimerización violenta; Bromoetano, incompatible; cobre, plata, magnesio, mercurio y sus aleaciones, compuestos muy inestables que al secarse explotan espontáneamente (debido a que las trazas de acetileno libre contenido en el OE, por la acción de éstos metales se transforma en acetiluros); Glicerol, condensación violenta; Cloruro de hierro, polimerización violenta; Pigmento azul de hierro, reacción exotérmica; Óxidos de hierro, polimerización violenta; Perclorato de magnesio y Mercaptanos, posible explosión; M-Nitroanilina, posible explosión al calentarse; Oxidantes fuertes, riesgo de fuego y explosión; Oxígeno, Posible ignición si se comprime rápidamente; Plásticos y hule, pueden ser atacados; Potasio, reacción explosiva; Hidróxido de sodio, polimerización exotérmica; Cloruros de estaño, polimerización violenta; Trimetilamina, polimerización exotérmica

2.9.4 Diluyentes

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

DILUYENTE	%VOL. DILUYENTE	%VOL. OE
Nitrógeno	25	75
CO ₂	18	82
Metano	15	85
Etano	7	93
Propano	5	95
Butano	3	97

Presión inicial 2.11 kg/cm² absolutos (30 lb/pulg² absolutas).

Para fines prácticos, resulta indispensable conocer la presión mínima, obtenida inyectando diluyente, que es necesario mantener en los recipientes que contienen OE líquido, para garantizar que la fase gaseosa se encuentre siempre en condiciones estables. Con tal propósito, se puede usar la gráfica de la figura 13, en la cual se ha tomado un margen de seguridad de 10% en la concentración del diluyente y que fue calculada considerando los gases como perfectos.

Por ejemplo, si se tiene OE en un acumulador, a una temperatura de 40°C (104 F), es necesario mantener una presión, mediante inyección de nitrógeno, de 3.5 kg/cm² (50 lb/pulg²), con objeto de garantizar que la fase gaseosa sea estable. Si se usa propano o butano como diluyente, bastará con mantener, en cambio, una presión de 2.5 o 2.25 kg/cm² (35 o 32 lb/pulg²), respectivamente. 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 13 para cada diluyente.

Tratándose de mezclas ternarias, sobre todo cuando el aire es uno de los componentes, la situación es más complicada. En el caso del CO₂, por ejemplo, se ha demostrado que una mezcla de 1 parte de óxido de etileno y 9 partes de CO₂ pueden mezclarse con el aire en todas proporciones, sin que resulten mezclas explosivas.

En la gráfica de la figura 14, se muestra la conducta de las mezclas ternarias de aire, nitrógeno y OE, así como las mezclas de metano, aire y OE. Una mezcla que contenga 30% de OE, 30% de aire y 40% de nitrógeno, está exactamente en el límite de explosividad; cualquier mezcla más rica en nitrógeno, no es explosiva, pero todas las mezclas obtenidas agregando aire o bien OE, son explosivas. Puede observarse que, de acuerdo con la gráfica de la figura 14, la adición de más aire a una mezcla ternaria OE-diluyente-aire, produce finalmente una mezcla demasiado diluida para arder; esto quiere decir que las mezclas binarias OE-diluyente, tienen un límite inferior de explosividad y un límite superior, cuando contienen por lo menos cierta cantidad del diluyente. Cuando aumenta la temperatura de una masa de OE 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 15, se muestran las condiciones de seguridad que deben mantenerse en un recipiente con OE líquido cubierto con una fase gaseosa, a la cual se ha agregado nitrógeno como diluyente. En caso de utilizarse otros gases inertes, puede emplearse esta gráfica, con las zonas de seguridad correspondientes al gas usado.

Si se emplea como diluyente el nitrógeno, en un tanque que contenga OE a 30°C (86 F), la fase líquida debe estar cubierta con una fase gaseosa aproximada a 2.25 kg/cm² (32 lb/pulg²), para que la dilución del vapor de OE garantice su estabilidad; si la presión es más baja, el vapor del producto no se encontrará suficientemente diluido. Con ayuda de la gráfica de la figura 13, es posible determinar las condiciones en que deben operarse los recipientes que almacenen durante un tiempo prolongado este producto; puede servir también para establecer hasta qué temperatura puede admitirse que opere un tanque de OE, cuya presión es conocida y a cuya fase gaseosa se agrega un diluyente.

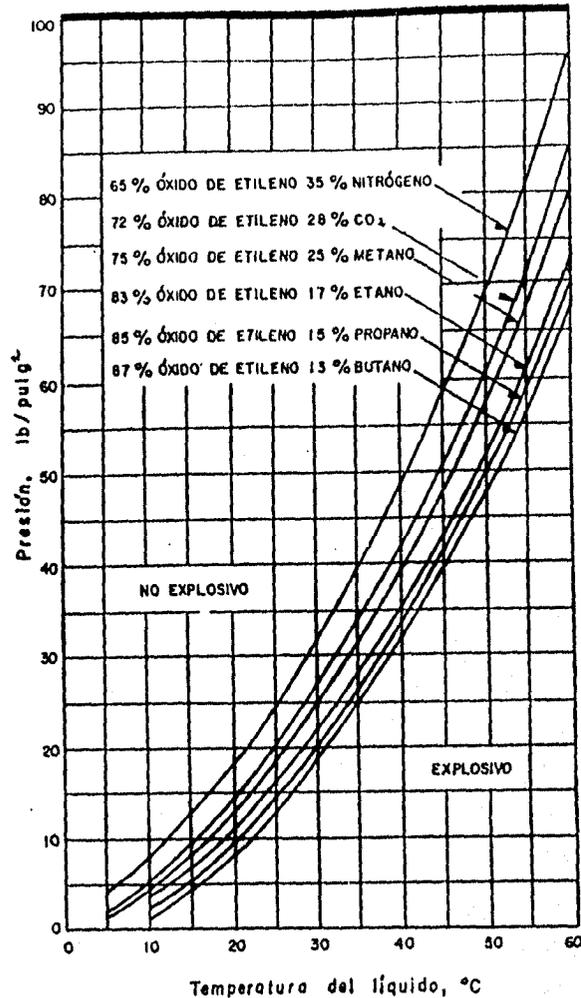


FIGURA 13.
PRESIONES DE OPERACION SEGURAS, QUE SE REQUIEREN EN LAS MEZCLAS DE VAPORES DE OXIDO DE ETILENO Y ALGUNOS DILUYENTES, A VARIAS TEMPERATURAS

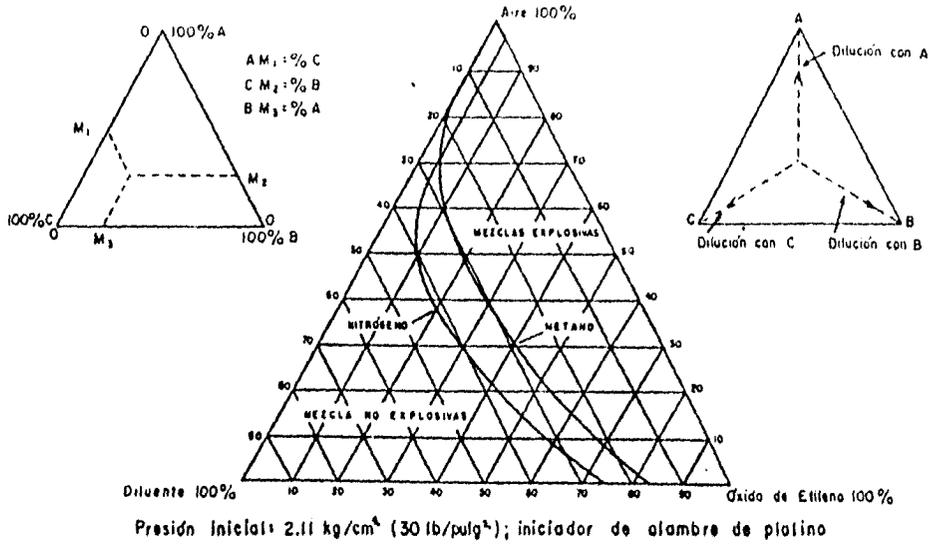


FIGURA 14.
 COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS TERNARIAS:
 NITRÓGENO-AIRE-O₂ Y
 METANO-AIRE-O₂

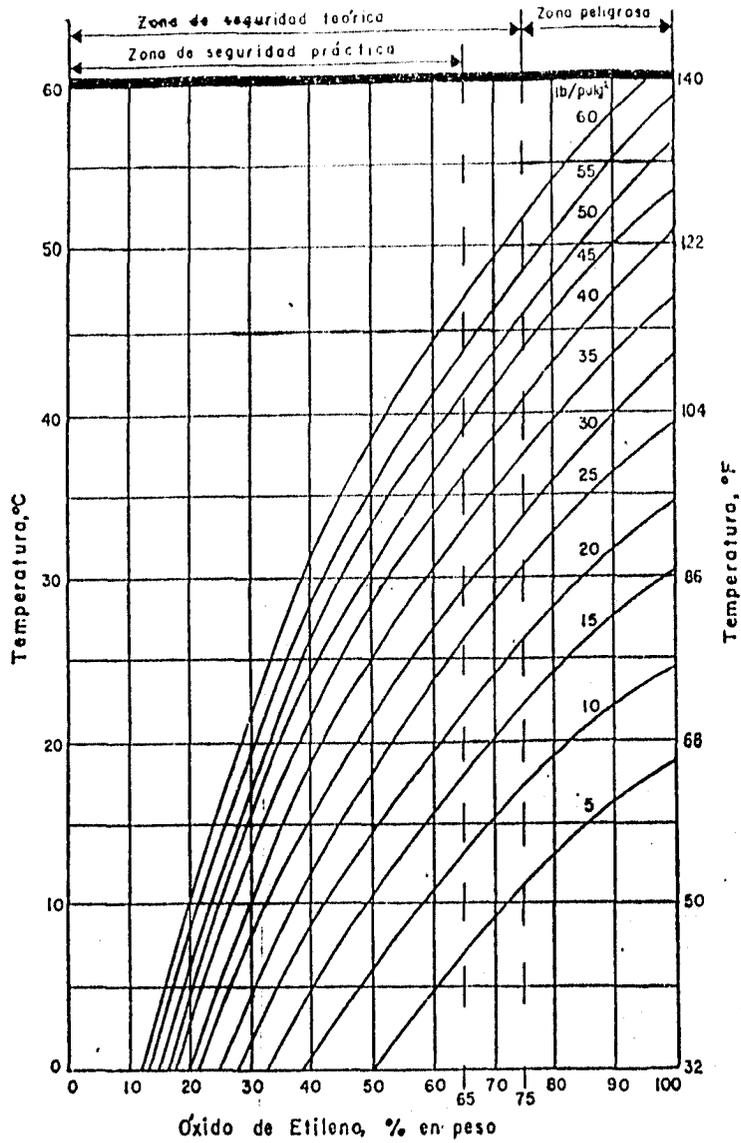


FIGURA 15
CONDICIONES DE SEGURIDAD EN MEZCLAS: ÓXIDO DE ETILENO - NITRÓGENO

2.10 PRIMEROS AUXILIOS

El OE es corrosivo para la mayoría de los tejidos. Deben manejarse avisos de precaución. En caso de accidente deben impartirse inmediatamente los primeros auxilios a toda persona que haya estado en contacto con el OE y transportarla en el acto a una zona libre de contaminación. Evitar que el personal de emergencia se exponga a sí mismo al OE.

2.10.1 Para cualquier tipo de contacto (en general):

- Evaluar los signos vitales (pulso, respiración) y detectar cualquier trauma. Si no se detecta pulso aplicar RCP. En caso de respiración defectuosa administrar oxígeno u otro soporte respiratorio.
- Obtener autorización y/o mayores instrucciones del hospital local para la administración de un antídoto o para la ejecución de otros procedimientos.

2.10.2 Contacto con la piel

Toda persona que haya sido alcanzada por el OE, deberá ser despojada de la ropa. Las partes del cuerpo afectadas deberán lavarse profusamente con agua y jabón, por espacio mínimo de 15 min. (conseguir ayuda médica de inmediato). Los zapatos y otras prendas que no puedan lavarse y secarse, deberán destruirse, ya que los residuos de OE pueden causar quemaduras.

Si se encuentran en la zona de la salpicadura, deben quitarse del accidentado anillos y pulseras. Las zonas de piel cubiertas con pelo deben de ser lavadas con especial atención, ya que son más sensibles a las quemaduras.

2.10.3 Contacto con los ojos

En caso que los ojos hayan estado expuestos a vapores, o salpicaduras de líquido, se deben lavar por lo menos durante 15 min. con gran cantidad de agua limpia, repitiendo el tratamiento si la irritación persiste; durante el lavado, los párpados deben mantenerse separados para asegurar el contacto del agua con todos los tejidos y después, debe ser enviada al oculista.

2.10.4 Por ingestión

Los casos de ingestión son poco frecuentes por la naturaleza del producto. Sin embargo, si el accidentado ingirió OE, o sus soluciones y está consciente, debe dársele a beber agua tibia para diluir el OE y enseguida provocarle el vómito por cualquier método; inclusive si el agua tibia se le da con sal, sirve también para provocarle el vómito. Después debe enviársele con un médico.

Dosis

- Dar a la víctima agua o leche: niños menores de 1 año, 125 ml (4 oz o ½ taza); niños de 1 a 12, 200 ml (6 oz o ¾ de taza); adultos, 250 ml (8 oz o 1 taza).
- Administrar carbón activado: de 15 a 30 g (½ a 1 oz) para niños, 50 a 100 g (1¾ a 3½ oz) para adultos, con 125 a 250 ml (½ a 1 taza) de agua.
- Deberá darse agua, leche o carbón activado sólo si la víctima está consciente y alerta.

2.10.5 Por inhalación.

A la persona que haya inhalado vapores de OE, se le sacará de inmediato de la zona contaminada, se le aflojarán sus ropas y se le mantendrá en completo reposo hasta que sea atendida por el médico.

Si la respiración del paciente es defectuosa, se le dará respiración artificial, u oxígeno. Si se dispone de aparato inhalador de oxígeno, de preferencia, debe administrarse este gas, siempre que la aplicación la haga una persona que sepa administrarlo. En tales casos, puede ser necesario hacer varias aplicaciones por periodos de media hora, seguidos de descansos de media hora.

Si existen quemaduras, tratarlas como si fueran producidas por calor. Dar cuidados intensivos. No hay antídoto específico. El tratamiento se basará de acuerdo al dictamen del médico al examinar las reacciones del paciente.

La solución de OE ocluida en la piel puede producir quemaduras rápidamente. Los síntomas incluyen náuseas, vómito, así como irritación de nariz y garganta. Ver Toxicidad.

2.11 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

El equipo de protección personal no es sustituto de las condiciones de trabajo seguras, ventilación adecuada, ni de una conducta inteligente por parte de los trabajadores. Sin embargo, en varias instancias es la única protección para el trabajador, sobre todo en situaciones de emergencia.

2.11.1 Protección de los ojos.

Cuando existan riesgos de que el material entre en contacto con los ojos, se deberán llevar puestas gafas de seguridad a prueba de salpicaduras, perfectamente ajustadas a la cara y de material inastillable. El caso de lentes graduados se deberá hacer uso de *goggles* o de los mismos. Se deberán instalar lavadores de ojos cerca de las áreas de trabajo.

2.11.2 Protección respiratoria.

Durante la limpieza y reparación del equipo, o en caso de falla de tuberías, o equipos, los trabajadores pueden estar sujetos a una severa exposición a OE, por lo que deben ponerse la máscara adecuada y avisar a su jefe inmediato de la situación que prevalece.

Antes de usar las máscaras, aparatos autosuficientes o capuchones se debe invariablemente verificar su hermeticidad. En caso de usar máscaras con bote químico, se debe desprender la tela adhesiva que sirve de sello, colocada en la parte inferior de éste, antes de usarlo y colocarla nuevamente después de usarlo, con la indicación clara del tiempo efectivo del uso del mismo. Siempre debe tenerse presente que si a pesar de llevar puesta la máscara se percibe el olor del producto, hay que abandonar el lugar de la exposición y comprobar si existe una deficiencia en su colocación o si se han agotado los productos químicos del bote.

Equipo de aire autónomo: deberá ser utilizado cuando se esté expuesto a altas concentraciones y permiten una movilidad considerable. Su principal limitación es que su peso y volumen los hacen poco prácticos para trabajar con ellos en el interior de recipientes.

Máscara de presión positiva con manguera de aire: el aire es suministrado con sopladores que no requieren de lubricación interna. Se debe tener cuidado de usar la misma ruta de entrada que de salida y tener cuidado de no enredar la manguera. No debe emplearse este tipo de protección respiratoria para ejecutar trabajos en condiciones o sitios en que no exista una vía fácil de escape. Este tipo de máscaras es el más adecuado para trabajar en el interior de recipientes.

2.11.3 Protección a la cabeza.

Donde exista el peligro de caída de objetos, fugas, o salpicaduras, se debe usar casco de seguridad como regla permanente o invariable durante la jornada de trabajo.

2.11.4 Protección de los pies.

Se deben usar zapatos de seguridad de cuero o de hule con casquillo de acero. Si se requiere se pueden emplear botas de hule sobre los zapatos de seguridad, o bien, se pueden usar solas. El calzado de cuero contaminado deberá ser desechado; no emplearlo ya que el OE remanente provocaría quemaduras diferidas.

2.11.5 Protección a la piel, cuerpo y manos.

Se deben utilizar prendas impermeables de varias piezas o del tipo llamado "buzo". La ropa contaminada con OE deberá ser destruida. Todas las operaciones que impliquen el manejo de OE deberán realizarse con guantes de hule.

Las personas que ejecuten labores de inspección, reparación o limpieza en equipo que haya contenido OE, cuando sea difícil el acceso al sitio de trabajo, deberán ser dotadas de cinturones de seguridad para mover personas inconscientes, con el cabo de vida adecuado a las circunstancias. Todo el equipo de protección personal debe mantenerse en perfectas condiciones y ser siempre revisado antes de usarlo.

2.11.6 Limpieza y cuidado del equipo de protección personal

El equipo de protección personal de goma como guantes y ropa debe dejarse varios días al aire libre y lavarse; todo lo demás se lava después de su uso con agua y jabón, se seca perfectamente y por último, antes de guardarlo en el lugar que se le haya asignado, se le hará una revisión de sus componentes para verificar que se encuentren en buen estado.

2.12 COMBATE DE EMERGENCIAS.

2.12.1 Fuego.

Los incendios de OE deben combatirse en la forma general en que se combaten los incendios de gases inflamables. Evacuar a todo el personal del área de peligro.

En caso de fuego externo, el nivel, la temperatura y la presión de los tanques de almacenamiento, deberán ser continuamente monitoreados. Se deberán rociar con agua aplicada a una velocidad de flujo de 8-10 lt/min/m². Es necesario enfriar los tanques aún en el caso de que estén aislados para disminuir el riesgo de una explosión y evitar la propagación del fuego.

En caso de fuegos pequeños, se puede utilizar polvo químico seco, o CO₂. Los mejores resultados, en incendios pequeños, se obtienen con extintores portátiles.

Si el fuego es grande, combatirlo con agua en forma de neblina, o con espuma. Si es posible, cortar el suministro de OE que alimenta el fuego; en caso contrario, dejar que se consuma en forma controlada. Si el fuego se prolonga y se vuelve incontrolable y el material está confinado en un tanque expuesto directamente a la flama se debe evacuar el área por el peligro de explosión que existe.

Los fuegos que involucren una gran cantidad de OE son difíciles de extinguir, cuando aparentemente se han controlado, pueden volver a iniciarse. Existe la posibilidad de que el OE que se está quemando pueda regresar al tanque, resultando en una explosión. Por ello se recomienda llenar el tanque con agua, o con nitrógeno; de tal manera que siempre exista una presión mayor a la externa.

Los sistemas de ventilación forzada y de aspersión con agua que se encuentren instalados en las áreas de proceso, almacenamiento, llenado o descarga del producto, deben mantenerse en buenas condiciones y ser probados periódicamente.

En las instalaciones que manejen OE debe existir un sistema de alarma para casos de incendio. El personal de operación en tales sitios, debe recibir un entrenamiento adecuado para el combate de incendios; éste entrenamiento debe incluir la realización de simulacros periódicos.

2.12.2 Fuga o derrame

En caso de fuga o derrame, el riesgo de un incendio o explosión es alto; por ello se recomienda:

- Mantener a la gente alejada del área de riesgo, permitiendo solo la permanencia del personal con equipo adecuado y entrenado para la emergencia.
- Eliminar las fuentes potenciales de ignición.
- Si no hay riesgo, tratar de eliminar la fuga. No entrar en atmósferas con altas concentraciones de gas, ni aproximarse a derrames de líquido.
- Inundar con niebla de agua el derrame para disminuir la formación de vapores, no usar otros materiales ya que puede causar una reacción explosiva.
- Se deberá mantener una relación mínima de 30 partes de agua por 1 de OE.

Desechar cualquier producto o residuo de tal manera que sea aceptable a las disposiciones locales y al medio ambiente. Se debe evitar el vaciado indiscriminado al drenaje común o a los ductos de agua. La disposición del material diluido (al menos 50 partes de agua por una de OE) se debe incinerar, de acuerdo a las disposiciones locales.

2.12.3 Precauciones especiales

Como gas licuado bajo presión es extremadamente inflamable. Puede formar mezclas explosivas con el aire. Respirar el vapor puede causar sofocación debido a la falta de oxígeno. Evitar el contacto con los ojos, piel o ropa. Deben estar disponibles lavadores de ojos y caretas de seguridad. Usar tubería y equipo adecuadamente diseñado. Enterrar el equipo. Utilizar solamente equipo y herramientas a prueba de chispas y explosión. Mantener alejado del calor, chispas y flama abierta. Almacenar y usar con la ventilación adecuada. Usarlo sólo en sistemas cerrados.

Nunca trabajar sobre un sistema presurizado. Si hay goteo, cerrar la válvula de cilindro, purgar el sistema venteando hacia un lugar seguro y reparar el goteo. No incinerar los cartuchos de EO, tanques u otros contenedores. Se debe confirmar la compatibilidad con plásticos para uso posterior.

2.13 INCIDENTES CON OE

Por ser el OE un componente importante y comercial, se ha visto involucrado en un número significativo de incidentes y es necesario entender sus propiedades para manejar los riesgos de su uso.

Los incidentes que han ocurrido con OE durante la manufactura, transportación, almacenamiento y manejo del mismo, caen dentro de las siguientes categorías:

- ⇒ Contaminación
- ⇒ Formación de nubes de vapor de OE
- ⇒ Incidentes de Transportación
- ⇒ Fuegos Externos
- ⇒ Mecánicos
- ⇒ Misceláneos

El usuario de OE deberá estar al pendiente de las prácticas de diseño, operación, mantenimiento, entrenamiento y respuesta a emergencias.

2.14 TERMINOLOGIA

Con el fin de facilitar la comprensión de este capítulo, se definen los siguientes conceptos.

Atmósfera explosiva. Es una mezcla con el aire de gases, vapores, nieblas, polvos o fibras inflamables, en condiciones atmosféricas, en la que después de la ignición, la combustión se propaga a través de toda la mezcla no consumida.

Emplazamiento peligroso. Es un espacio en el que una atmósfera explosiva está o puede estar presente de tal forma que se requieran precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización del material eléctrico.

Fuente de escape. Es un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gases, vapores o nieblas de tal modo que se pueda formar una atmósfera de gas explosiva.

Límites de explosión. Estos límites normalmente se expresan en tanto por ciento de gas o vapor en aire.

Límite inferior de explosión (LIE). Es la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en el aire, por encima de la cual se formará una atmósfera de gas explosiva.

Límite superior de explosión (LSE). Es la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en el aire, por debajo de la cual se formará una atmósfera de gas explosiva.

Manejo. Alguna o el conjunto de las actividades siguientes; producción procesamiento, transporte o almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Modos de protección. Medidas aplicadas en el diseño y construcción del material eléctrico para evitar que éste proyoque la ignición de la atmósfera circundante.

Punto de inflamación (Flash Point). De un líquido, es la mínima temperatura a la que este líquido desprende vapor suficiente para formar con el aire una mezcla inflamable en la proximidad de la superficie.

Sustancia explosiva. Aquélla que en forma espontánea o por reacción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y energía de presión casi en forma instantánea.

Sustancia inflamable. Aquélla que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de la chispa.

Sustancia peligrosa. Aquélla que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Temperatura de ignición. Es la temperatura más baja a la que se produce la ignición de una sustancia inflamable cuando se aplica el método de ensayo normalizado.

3. Transporte del óxido de etileno

3.0 RECORDANDO LAS CUATRO PROPIEDADES BÁSICAS QUE PROMUEVEN LA SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL ÓXIDO DE ETILENO...

1. Como líquido es inflamable y de fácil ignición
2. Como gas se descompone violentamente cuando se expone a ciertas temperaturas
3. Es tóxico -debe evitarse el contacto con el líquido ó vapor-
4. Es altamente reactivo

La gran reactividad del óxido de etileno y su naturaleza exotérmica exigen tratamiento especial para su manejo y uso. Sus límites de explosividad son de 3 a 100% en volumen de aire. Esto quiere decir que sus vapores al rebasar el límite inferior señalado, son inflamables y sujetos a descomponerse químicamente en forma explosiva.

3.1 DISTRIBUCION DE OE POR PEMEX

En Mexico, Petróleos Mexicanos (*Pemex Petroquímica*) es quien se encarga de la producción y distribución del OE. Tiene ubicadas sus plantas en el Estado de Veracruz (Morelos, Cangrejera y Pajaritos), todas bajo licencia de *Scientific Design (Halcon)*.

No existe interconexión entre las tres plantas de producción de OE. Cada una de ellas tiene su estación de llenado de carros tanque de FCC. La calidad del OE de Morelos y Pajaritos es buena, con un contenido inferior a 10 ppm de aldehídos; en cambio, el OE de Cangrejera, contiene hasta 250 ppm de aldehídos. La capacidad de las plantas productoras de OE es: Pajaritos 70 ton/día, Cangrejera 300 ton/día y Morelos 300 ton/día.

Para el almacenamiento de OE en Cangrejera, se tienen dos esferas de 2,000 ton cada una, conservándose el producto a -5°C y 4 kg/cm^2 (23°F y 57 lb/pulg^2) de temperatura y presión de nitrógeno. Los tanques son de acero al carbón con recubrimiento interior de acero inoxidable 304.

Para el almacenamiento en Pajaritos, se tienen 5 tanques cilíndricos, horizontales, de acero al carbón de 100 ton. cada uno, a 15°C y 3.5 kg/cm^2 (59°F y 50 lb/pulg^2). La temperatura del OE saliendo de la planta es de aproximadamente 30°C (86°F).

3.2 TIPOS DE RECIPIENTES

El transporte de OE no es solamente llevarlo del productor al consumidor, implica también su transporte en los lugares donde se utiliza. Cuando este transporte interno es necesario, se recomienda que los recipientes destinados a contener OE tengan ciertas características descritas en la norma DIII-12 de Pemex.

La mayor cantidad de este producto que se puede embarcar como carga suelta por ferrocarril en un cilindro es de 136.2 Kg (300 lb) y no debe ser transportado como equipaje.

Los cilindros y tambores de acero que se utilizan para transportar OE son los siguientes:

3.2.1 Recipientes pequeños

Recipientes de no más de 0.341 kg (12 onzas) de capacidad, diseñados para soportar una presión interna no menor de 12.7 kg/cm² (180 lb/pulg²); dotados de un fusible con diámetro mínimo de 2.6 mm (0.1023 pulg) que opere a una temperatura comprendida entre 69 y 79 °C (157 y 170 °F).

Se deben aislar térmicamente excepto el dispositivo de cierre superior mediante la aplicación de dos capas de pintura aislante *heat-retardant* del tipo aprobado aplicada sobre una capa de primario apropiado y terminado con una pintura a prueba de agua. Se empacarán en cajas de madera o de fibra, de las especificaciones ICC: 15A, 15B, 15C, 16A o 12B; cada caja debe contener no más de 12 recipientes y deben estar en una sola cama.

3.2.2 Cilindros de acero

Cilindros de acero (especificaciones ICC: 3B, 4AA480, 4B o 4BA) que no excedan de 113.6 L (30 gal) de capacidad nominal. Todos los cilindros deben tener fusibles cuya área total de desfogue no sea menor de 0.078 cm², por la capacidad de agua del recipiente en kilogramos (0.0055 pulg² por la capacidad del agua del recipiente en libras) para los cilindros de hasta de 3.785 L (1 gal), o de 0.0171 cm² por la capacidad de agua del recipiente en kilogramos (0.0012 pulg² por la capacidad de agua del recipiente en libras), cuando sea mayor de 3.785 L (1 gal), que operen entre 69 y 77 °C (157 y 170 °F).

Cada vez que estos cilindros vayan a llenarse, deben probarse previamente con gas inerte a una presión de 1 kg/cm² (15 lb/pulg²). Los cilindros de más de 3.785 L (1 gal) de capacidad deben contar con válvulas de alivio y tubos eductores y estar aislados térmicamente con tres capas de pintura aislante (antes mencionada).

3.2.3 Cilindros de 2.7 kg

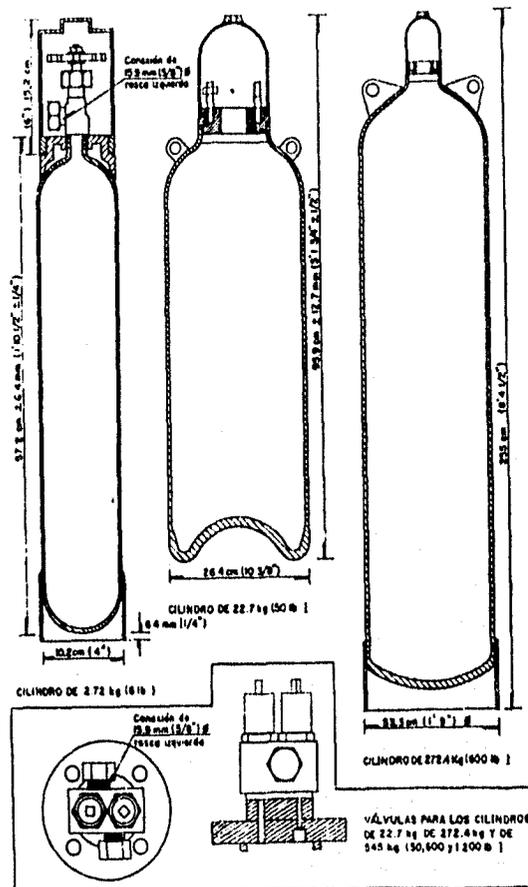
Cilindros de 2.7 kg (6 lb) de capacidad de OE con un peso bruto de 9 kg (20 lb), de 10.2 cm (4 pulg) de diámetro y 61 cm (2 ft) de largo dotados de una válvula de ángulo en el extremo superior protegida con un capuchón; véase fig. 16.

3.2.4 Cilindros de 22.7 y 272.4 kg

Cilindros de 22.7 y 272.4 kg (50 y 600 lb) de capacidad de OE (ver figs. 17-19 respectivamente), provistos con dos válvulas, una de ellas que llegue hasta el fondo del recipiente. El peso bruto es respectivamente de 68.3 y 660.4 kg (150 y 1456 lb).

3.2.5 Recipientes desmontables

Recipientes desmontables de 545 kg (1200 lb) de capacidad de OE (ver fig. 20), con un peso bruto aproximado de 919 kg (2025 lb), equipados con dos válvulas del mismo tipo de las usadas en los cilindros anteriormente mencionados; estos recipientes tienen asas alrededor de la tapa para facilitar su transporte.



Figuras 16, 17, 18 y 19

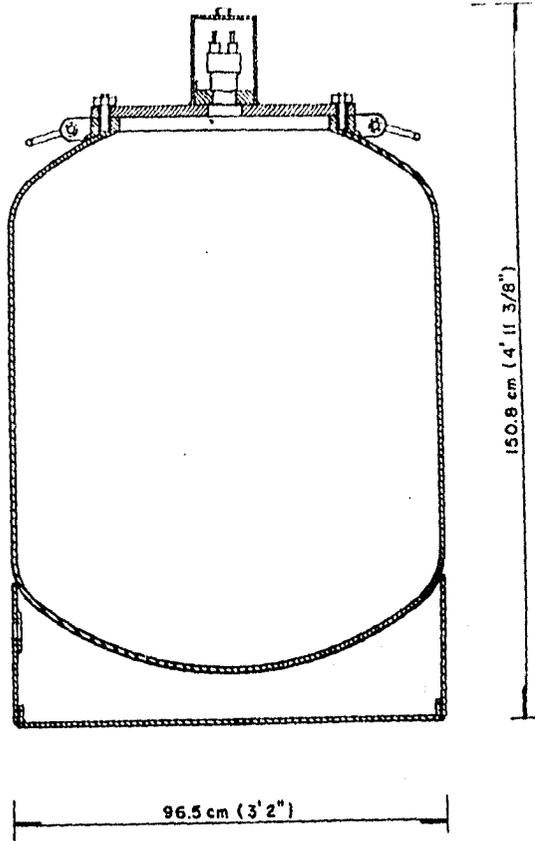


FIGURA 20
RECIPIENTE DESMONTABLE DE 545 kg (1200 lb)

DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA 21

1 Tapón fusible 11.1 mm \varnothing -4 piezas- (fusible plug- 3/8" DIA channel 165°F fusible -4 REQ'D). 2 Arandela de acero torjado de 6.35 mm \varnothing -6 piezas- (1/4" s/d wrought steel washer -6 REQ'D). 3 Válvula para presionar o depresionar el cilindro (Bastian blessing No. 7200 cyl valve) o similar. 4 ESTE LADO HACIA ARRIBA (THIS END UP). 5 Válvula para llenar o vaciar el cilindro (Bastian-blessing No. 7201 cyl valve) o similar. 6 Tubería de acero s/c de 33.3 mm \varnothing ext, 0.16 mm de espesor y 41.5 mm de largo -6 piezas- (1 3/8" OD \times 1/2" wall \times 1 3/4" LG seamless steel tubing -6 req'd). 7 Escuadra de refuerzo de 3.17 mm de espesor -4 piezas- (Gusset -4 req'd 1/4" thick). 8 Una pasada con soldadura de arco (1 pass hand steel arc weld). 9 Una pasada con soldadura de arco 2 lugares -ambos extremos- (1 pass hand steel arc weld 2 places- both ends). 10 Unión soldada por fusión, costura vertical (Union-melt weld vertical seam). 11 Tubería de acero inoxidable s/c de 6.35 mm \varnothing (1/4" IPS seamless stainless steel pipe). 12 Aislante térmico con 25.4 mm de espesor (1" thick Johns Manville No. 307 "Bantroc" blanket insulation) o similar. 13 Apoyo de acero de 3.17 mm \times 38.1 mm (1/4" \times 1 1/2" formed steel strip bracket). 14 Una pasada con soldadura de arco (1 pass hand steel arc weld). 15 Tubería de acero de 19 mm \varnothing ced 40 (3/4" shedule 40 black commercial steel pipe). 16 Venteco de 12.7 mm (1/2" -inch vent). 17 Tapón para pruebas (Test plug).

3.2.6 Tambores recubiertos

Tambores recubiertos de aislante térmico especificación ICC-5P; de no más de 230.9 l (61 gal) de capacidad; con fusibles que operen dentro de los límites de temperatura y área libre mencionadas en los recipientes de no más de 12 onzas; estos cilindros deben ser probados a 1 kg/cm² (15 lb/pulg²) con gas inerte antes llenarse. Deben llevar una clara indicación de cual es la parte superior y un letrero que diga "Este lado hacia arriba" (ver fig. 21).

3.2.7 Recipientes rígidos

El OE se transporta también en recipientes rígidos de material incombustible, en cuyo interior se colocan ampollas de vidrio selladas, conteniendo no más de 100 g cada una, empacadas en vermiculita u otro material incombustible. Cada recipiente de éstos no debe contener más de 100 gr de OE.

3.2.8 Carros tanque

Están recubiertos con aislamiento térmico, de la especificación ICC-105A100-W, con dos válvulas de seguridad acondicionadas para abrir a 5.3 kg/cm² (75 lb/pulg²), y que cierren herméticamente a 4.2 kg/cm² (60 lb/pulg²), y probados hidrostáticamente a 7 kg/cm² (100 lb/pulg²); o bien, de las especificaciones ICC-104, ICC-104-W y ARA-IV A, con dos válvulas de seguridad del tipo usado en los carros tanque de especificación ICC-105A100-W, pero acondicionada para abrir a 4.2 kg/cm² (60 lb/pulg²), y probados hidrostáticamente a 5.3 kg/cm² (75 lb/pulg²); sin líneas para descargar por el fondo. Ver detalles del interior del domo en la figura 22.

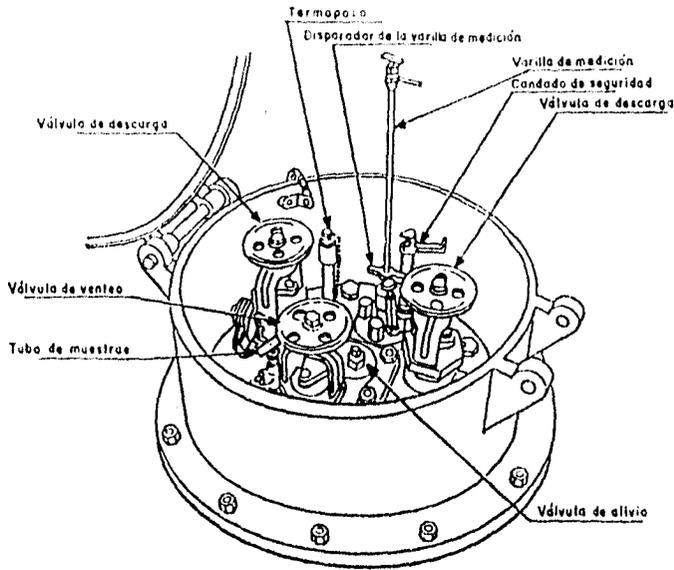


Figura 22
 Detalles del interior del domo de los carros tanque que transportan OF.

Actualmente, la distribución se lleva a cabo totalmente por medio de Carros Tanque equipados con dispositivos adecuados para manejar gases a presión. Detalles de carros tanque en la siguiente sección.

3.3 CARROS TANQUE

La variedad de productos químicos usados en la industria, ha creado la necesidad de diseñar carros tanque apropiados al producto a transportar. Debido a esta necesidad su variedad ha ido en aumento y se hace necesario saber identificarlos para evitar confusiones que podrían ser peligrosas.

La manera de identificar un carro tanque es colocarse frente a cualquiera de sus costados; del lado izquierdo se encuentran pintadas sus iniciales y número que identifica la unidad, debajo están las características del peso (VOLUMEN DADO EN LIBRAS DE AGUA Y TARA) que nos oriente de la cantidad de productos que puede llevar.

En los casquetes se pueden encontrar iniciales y número de identificación de la unidad y además, la capacidad en volumen dada en galones.

3.3.1 Grupos

Existen dos grandes grupos de carros tanque:

- Grupo 1. Son para gases licuados. Su característica principal es que no tienen descarga inferior; pueden ser con un forro aislante, y en el caso contrario debe ir pintado de blanco el tonel en la parte superior abarcando dos terceras partes.
- Grupo 2. Para líquidos. Tienen descarga inferior. En el caso de que el carro no este aislado, no es pintado para distinguirse, sin importar que el producto sea inflamable o no.

El carro tanque aislado, es aquel en que el tonel que contiene el producto, está forrado con un material aislante térmico y a su vez tiene un forro o chaqueta de lámina. Todos los tanques forrados tienen una tubería en forma de serpentín y puede estar en el interior del tonel o en el exterior, y en ambos casos sirven para bajar el grado de viscosidad o descongelar el producto, debido a las bajas temperaturas que existen en algunos lugares.

Tanto en los carros tanque para gas en estado líquido, como para líquidos, ambos tienen una presión interior. Para los primeros, el tonel y las válvulas son para una mayor presión que la requerida para contener el producto. En el caso de los líquidos, el tonel y las válvulas son solo para soportar la presión generada por el aumento de volumen, efecto provocado por el calor o la diferencia de altitudes, entre los puntos donde fue cargado y el lugar de la fuga. Desde luego, la presión de los gases licuados será mayor que la de los líquidos.

Otra forma de identificar los carros tanque está en función de las características fijadas por el Departamento de Transportes de Estados Unidos y en que los carros aparece con las siglas D.O.T., también puede tener pintadas las siglas A.A.R. que corresponden a la Asociación Americana de Ferrocarriles, las siglas I.C.C. que son de la Comisión Interestatal de Comercio de los Estados Unidos, las letras A.R.A. que corresponden a la Asociación Americana de Ferrocarriles y, por último, las iniciales U.U.S.C. que son del gobierno de los Estados Unidos.

En cualquiera de los casos citados, las siglas nos indican las normas de construcción que han fijado cada una de las instituciones mencionadas.

3.4 MANEJO DE CARROS TANQUE AL SERVICIO DE OE

3.4.1 Antecedentes

Los consumidores deben notificar por escrito con oportunidad a *PEMEX PETROQUIMICA*, de todos los carros tanque que les sean asignados en renta para incorporarse al servicio del transporte de óxido de etileno, y los que serán utilizados para reemplazar a las unidades referidas, así como la documentación por cada carro tanque de los certificados de construcción, prueba de válvula de seguridad, tonel y reporte de reparaciones, alteraciones o conversiones, así como el reporte de inspección minuciosa de la limpieza del interior del carro tanque. Previamente deben contar con la autorización escrita de *Ferrocarriles Nacionales de México (FNM)* en base al Anexo 1 (proveniente de la Gerencia de Producción, dependiente de la Dirección General de Fuerza Motriz y Equipo de Arrastre).

3.4.2 Recepción del Equipo Vacío

El carro tanque vacío al servicio de OE, lo recibe el jefe de estación de FNM en la planta productora, quien proporciona la información requerida a Pemex representado en este acto por el Superintendente del Centro Embarcador Petroquímico en Ver. y a los representantes acreditados del consumidor.

Tanto el personal de Pemex a cargo de la superintendencia del centro embarcador petroquímico, como los representantes de la empresa deben consultarle a FNM el listado de las unidades que reciben diariamente a la estación de llenado. A estas unidades se les revisan sus accesorios mecánicos por el inspector de carros tanque de FNM quien entrega el mismo reporte (Anexo 2) al jefe de la estación, a los representantes de los usuarios y a Pemex.

FNM efectúa en base a lo anterior el arrastre inmediato, previa solicitud del usuario, hacia las vías de intercambio de los carros tanque, siendo solo aquellos que se encuentren en la condición de operar (en base al Anexo 2).

No se permite la intervención y/o reparación mayor de los carros tanque cargados ni vacíos en las vías de intercambio de Pemex; únicamente se permite por emergencia el cambio de *O'ring* de la válvula de seguridad, solo bajo su previa autorización con la supervisión de la superintendencia del centro embarcador. Dicha reparación no debe excederse de las 24 horas posteriores a su notificación.

Para las unidades que presenten algún defecto mecánico, se colocan en una vía de la estación de llenaderas de FNM para su reparación, notificándose invariablemente por escrito (Anexo 2) por parte del inspector de FNM a los representantes del consumidor y Pemex indicando el motivo del rechazo. Estas reparaciones las hace FNM y/o talleres particulares autorizados conforme a la regla 1 del código de reglas A.A.R. Los costos se cargan en el caso de averías a FNM, según el código anterior. Para el caso de reparaciones mecánicas por el uso natural, sus costos se cargan a quien especifique el contrato del arrendamiento correspondiente.

El superintendente del centro embarcador, recibe oportunamente el *Programa Mensual de Embarques* elaborado por la Gerencia de Logística y Suministros conteniendo las cantidades a embarcar para cada uno de los consumidores de óxido de etileno, y ello se les informa a los representantes autorizados de los clientes y al jefe de estación de llenado de FNM.

En función al programa diario de los embarques, la disponibilidad del producto y el equipo vacío, el superintendente envía una solicitud escrita (relación de equipo), vía fax, a los subgerentes de producción de Pajaritos, Cangrejera o Morcels para la pretendida movilización de las unidades de las vías de intercambio para las áreas de llenado para su carga.

3.4.3 Verificación

Una vez que el carro tanque, previo pesaje, se encuentra ubicado en el área de las llenaderas, el personal de Pemex responsable de su llenado hace la siguiente verificación:

- ◊ La posición correcta de las calzas en las ruedas para evitar cualquier movimiento durante el llenado, así como en la colocación de las banderas azules o las luces durante la noche.
- ◊ La conexión del cable de tierra al carro tanque.
- ◊ Sobre los datos asentados en la tarjeta de envío del cliente para su evaluación y estadística (Anexo 5).
- ◊ El estado físico y mecánico de los accesorios contenidos en el domo (las válvulas de seguridad, carga, descarga y muestreo y la varilla de medición).
- ◊ La presión interior del tonel debe ser de 2.5 o 3.0 kg/cm² en el momento de la carga.
- ◊ La humedad y el contenido de oxígeno en la atmósfera interior del carro tanque debe tener 100 ppm de humedad y 3,000 ppm de oxígeno como máximo en volumen; si no cumple esta especificación, el carro tanque será rechazado y reportado de inmediato al centro embarcador petroquímico.
- ◊ Análisis de pie de carga a todos los carros tanque, verificando color y apariencia. En caso de salir positiva dicha prueba, el volumen se reprocesa en el centro productor, con cargo al cliente. El carro tanque debe ser rechazado y reportado al centro embarcador.

Antes de proceder a la carga del carro tanque, de ser necesario, se inyecta con nitrógeno a presión al tonel hasta 3.0 kg/cm², con el propósito de probar la hermeticidad del recipiente, así como comprobar que reúne las condiciones de seguridad en el manejo de este producto. En caso de fuga, el carro tanque será rechazado y reportado de inmediato al centro embarcador petroquímico.

Las unidades que sean rechazadas por defecto alguno de sus accesorios del domo, al inicio de la prueba de hermeticidad, serán reportadas en la tarjeta de carros en mal estado (anexo 6), especificando el motivo del rechazo. Este documento debe ser firmado por el personal responsable del llenado.

Esta tarjeta se entrega a la brevedad al superintendente del centro embarcador, quien envía copia al superintendente auxiliar de FNM en Coatzacoalcos. La tarjeta de control está disponible en el centro embarcador, con el fin de que el representante acreditado de los clientes consumidores tenga también el conocimiento oportuno del estado que guarda cada una de sus unidades y se proceda a enviar el equipo al taller para efectuar la reparación correspondiente.

En caso específico de fuga por *O'ring* de la válvula de seguridad, el carro tanque se regresa al centro embarcador para su reparación menor por las compañías autorizadas por INM.

3.4.4 Llenado del carro tanque

Cuando un carro tanque se asigna al transporte de OE, todos los accesorios de bronce deben reemplazarse por otros similares de acero y las válvulas de alivio deben ser del tipo y tamaño de las usadas en los carros tanque especificación ICC-105A100-W.

Se procede a cargar solo aquellas unidades que no presentaron ningún defecto, manteniendo una presión de carga de 2.5 o 3 kg/cm² de acuerdo con la norma de Pemex para el manejo de óxido de etileno.

- ◊ Limpiar minuciosamente los carros tanque que se carguen con OE por primera vez para eliminar todo material extraño.
- ◊ Revisar a fondo el interior.
- ◊ Purgarlo con gas inerte, hasta que el contenido de oxígeno de los gases de salida sea menor que el 0.1% en volumen, determinado analíticamente. El gas inerte debe inyectarse por la línea de vapores y purgarse a la atmósfera por los tubos sumergidos.
- ◊ Elevar la presión por lo menos a 2.5 kg/cm² (35 lb/pulg²), mediante la inyección de gas inerte.
- ◊ Introducir al carro tanque una cantidad del producto dentro de especificaciones equivalentes a 1/10 de su capacidad.
- ◊ Dejar reposar 2 o 3 horas en el interior del carro.
- ◊ Vaciar el producto y analizarlo.
- ◊ Si no se encuentra contaminación, cargar 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 OE arrastrado.
- ◊ Cuando 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 con sus tapones, todas las válvulas del domo.
- ◊ Respecto a la "densidad de llenado", se calculará partiendo de que se debe dejar suficiente espacio interior vacío para que el tonel no se encuentre totalmente lleno a 40.6 °C (105 °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 OE a 10 °C (50 °F), es necesario no pasar de una densidad de llenado de 83.2%.

Una vez concluida la operación de carga, el personal de las llenaderas coloca en la parte interior del domo la tarjeta de control (Anexo 3), que contiene la siguiente información:

- ✓ El número del carro tanque
- ✓ El centro embarcador
- ✓ Estado físico de los accesorios del domo
- ✓ Presión a la que se recibe el carro tanque
- ✓ Fecha de la carga
- ✓ Nombre del llenador
- ✓ Presión a la que finalmente queda el carro tanque
- ✓ Temperatura del producto
- ✓ Número de sello

Finalmente se coloca el sello numerado en la tapa del domo, el cual garantiza que el equipo se entrega en las condiciones óptimas de tránsito.

3.4.5 Pesaje y análisis de calidad

El carro tanque que fue cargado se moviliza hacia el área de la báscula por el personal de Pemex encargado de efectuar el movimiento de productos de cada uno de los complejos petroquímicos; además, certificando que se encuentren colocados en el equipo los cuatro cartelones de riesgo del producto (anexo 4). En ese lugar se pesan las unidades recabando el boleto del pesaje y observando que el peso bruto no exceda los pesos máximos autorizados por FNM.

En la superintendencia del centro embarcador, está disponible diariamente para los representantes acreditados de los clientes consumidores, copias de las boletas del pesaje de lleno y vacío, así como una copia de los análisis químicos del producto contenido en las esferas que fueron utilizadas en el llenado.

3.4.6 Facturación

Con toda la información recabada en el área de las llenaderas referente a los carros tanque que han sido cargados y con las respectivas boletas de báscula, el personal del centro embarcador hace la facturación inmediata del producto entregado.

3.4.7 Documentación

Una vez facturado el producto de cada uno de los carros tanque se elabora el Conocimiento de Embarque original para cada unidad, en las formas SGTD-2 y CF-25 (guía roja). Así mismo, se elabora la hoja de emergencia con la información requerida en su cuadro de descripción de artículos, marcas y pesos; el cual, a través del personal de la superintendencia del centro embarcador, entregará al personal de FNM en la estación de llenaderas, certificando que en cada carro tanque se porten sus carteles de identificación de riesgo del producto (de acuerdo al anexo 4).

Toda la información referente a la documentación y facturación de los carros tanque está disponible en el centro embarcador petroquímico.

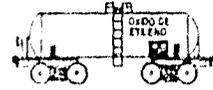
El personal de FNM en cuanto recibe los conocimientos de embarque, retira las unidades de las vías de intercambio, previa inspección mecánica y una vez efectuado el intercambio las moviliza al centro embarcador, siendo su responsabilidad el transporte y entrega de cada una de las unidades a sus destinatarios. En el supuesto caso de que la unidad presente un desperfecto mecánico se elabora un reporte (anexo 2).

Cuando alguna unidad cargada, ubicada en las vías de intercambio, presente fuga, FNM la regresa a PEMEX para su descarga y neutralización, a fin de que posteriormente sea enviada a los talleres correspondientes para su reparación; notificándose el motivo de rechazo a través del reporte (anexo 2) por el inspector de FNM, a los representantes autorizados de las empresas consumidoras y al superintendente del centro embarcador petroquímico.

Anexo 3



TARJETA DE CONTROL OXIDO DE ETILENO



CENTRO EMBARCADOR
No. DE CARROTANQUE
FECHA DE CARGA
HORA

PRESION A LA QUE SE RECIBE EL CARROTANQUE:

REVISION DE ACCESORIOS DEL DOMO:

ESTADO FISICO:

VALVULA DE RETORNO DE VAPORES:
VALVULA DE SEGURIDAD
VALVULAS DE CARGA O DESCARGA:
VALVULA PUNTO DE MUESTRA:
VARILLA DE MEDICION:
PRENSA ESTOPA DE VALVULAS:
TERMOPOZO:

PRUEBA DE PRESION (4 KGS/CM2) VALVULA DE SEGURIDAD:

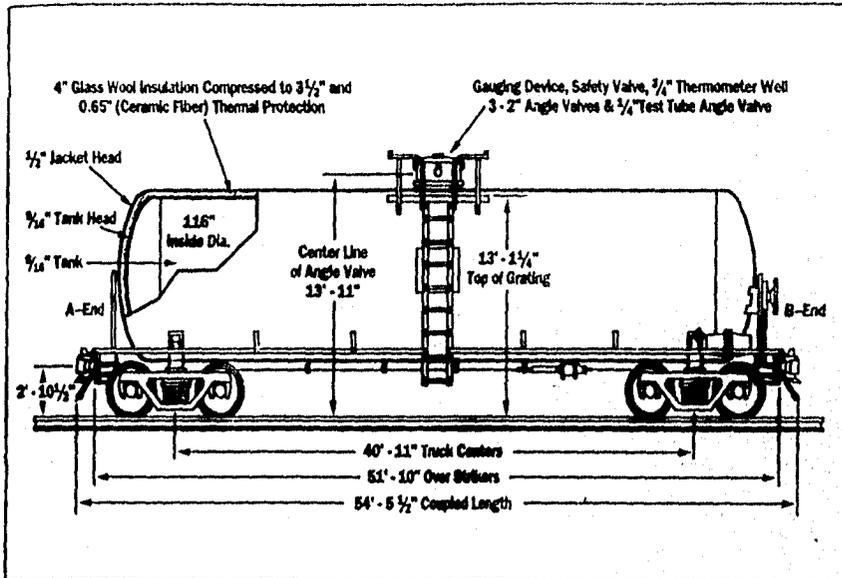
PRESION DE CARROTANQUE LLENO KG/CM.2 TEMPERATURA DEL PRODUCTO °C

NUMERO DE SELLO:

NOMBRE Y FIRMA DEL LLENADOR RESPONSABLE:

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE MOVIMIENTO DE PRODUCTOS.

Carrotanque para transportación de OI:



PEMEX
PETROQUÍMICA

TARJETA DE CONTROL DE USUARIOS DE
Oxido de Etileno

ANEXO No. 8

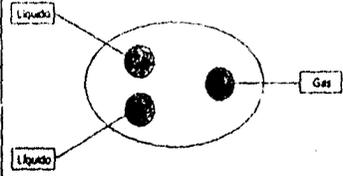
EMPRESA: _____ No. CARROJANQUE: _____

CONDICIONES DE RECEPCION			CONDICIONES DE ENVIO		
Origen (Centro Embarcador)			Fecha de salida		
Fecha de recepción:			No. de sellos		
No. de sellos			Presión de envío		
Presión de recepción: kg/cm ²			Temperatura de envío		
Temperatura de recepción: °C					

ACCESORIOS	BIEN	MAL	OBSERVACIONES
Válvula de seguridad			
Válvula de descarga			
Válvula de medición			
Válvula de muestreo			
Varilla de medición			
No. de sellos			

CONDICIONES DE OPERACION EN LA DESCARGA

VALVULAS UTILIZADAS EN LA DESCARGA



Presión del N₂ inyectado: kg/cm²

Presión de la línea de retorno de vapores: kg/cm²

NOMBRE Y FIRMA

JEFE DEL AREA DE DESCARGA

NOMBRE Y FIRMA

OPERADOR RESPONSABLE DE LA DESCARGA

NOMBRE Y FIRMA

JEFE DEL AREA DE DESCARGA

PEMEX
PETROQUÍMICA

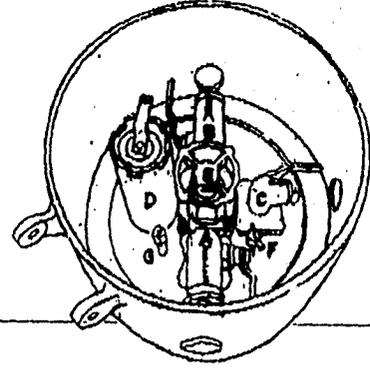
REPORTE DE CARROS EN MAL ESTADO

ANEXO No. 8

Favor de indicar abajo con (X) la parte suelta o válvula dañada en la orden de defecto, abajo indicar el estado original y el defecto.

CENTRO DE CARGA: _____ FECHA: _____

CARRO No. _____



SECUENCIA DE PARTES

- A y B Válvula de educación líquida
- C Válvula de vapor
- D Dispositivo del instrumento
- E Válvula de seguridad
- F Válvula de muestreo
- G Termómetro
- H Otra parte del carrojanque indicar abajo

OBSERVACIONES: _____

NOMBRE Y FIRMA

RESPONSABLE DE LA REVISION

NOMBRE Y FIRMA

JEFE DEL AREA

3.5 CARTELES DE SEGURIDAD

Estos carteles podrán ser de cartón u otro material resistente a la intemperie (laminas metálicas o de acrílico, etc.), siempre y cuando no se manifieste alguna alteración en la calidad de la tonalidad del color reglamentario.

El tipo de letra en los rótulos es *Franklin gótica condensada*. Las dimensiones del rótulo deben ser 27.3 cm por largo y estarán colocados en el marco que para ese fin tienen los equipos que transportan materiales peligrosos.

3.5.1 Etiquetas, Letreros y Advertencias

Todo recipiente que contenga OE para almacenamiento o transporte, debe ostentar un letrero de tamaño apropiado que indique la naturaleza inflamable del producto. Esta disposición debe aplicarse a los recipientes portátiles, cajas de empaque, 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 empacados 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 * 10 cm (4 * 4 pulg) con el siguiente texto escrito en letras negras:

Mantengase alejado del calor, fuego y flamas abiertas

PRECAUCION

Apartese este recipiente a lugar seguro si presenta fugas

No se golpee

En caso de enviar recipientes por avión, conteniendo OE, la etiqueta debe ser como sigue:

Apártese este recipiente a un lugar seguro si sufre daños

INFLAMABLE

Contiene Oxido de Etileno

Manéjese con cuidado

Manténgase alejado del calor, fuego y flama abiertas

Los carros tanque que contengan OE deben ostentar cuatro etiquetas de cartón blanco, de 27X27 cm (10.8X10.8 pulg), con el siguiente texto escrito diagonalmente en el reverso:



Los letreros se imprimen a tinta negra; con excepción de la palabra PELIGROSO, que debe destacar claramente en rojo. El reverso de éste cartón se divide verticalmente en dos partes; la de la derecha es negra y la de la izquierda dice:

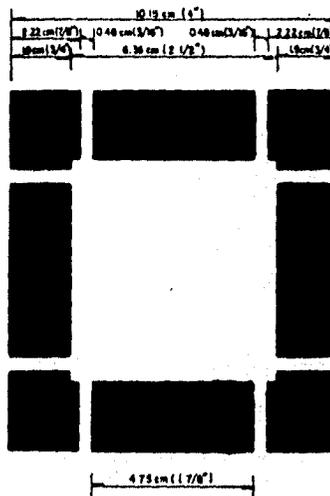


Una vez que los carros tanque hayan sido vaciados, deberán mostrar el reverso de la etiqueta.

Los carros tanque de las especificaciones ICC-104-W o ARA-IV A que transporten OE, además de los carteles que indican "Peligro", deben llevar un letrero especial en el domo que mida 10.5X27.6 cm (4 1/8 pulg X 10 7/8 pulg) y sobre fondo blanco:



Los carros tanque de las especificaciones ICC-104, ICC-104-W o ARA-IV A que transporten OE, deben tener 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 deben llevar marcas a los lados de los domos y alineadas con las escaleras de acceso (de un color que contraste):



Los carros tanque de las especificaciones ICC-104, ICC-104-W o ARA-IV A deben marcarse con la leyenda "ÚNICAMENTE PARA OXIDO DE ETILENO".

Los auto tanques que transportan OE deben llevar letreros, adelante, atrás y en ambos lados con el siguiente texto: OXIDO DE ETILENO - INFLAMABLE, escrito con letras rojas con fondo blanco, por lo menos de 10 cm (4 pulg) de altura.

3.6 LLENADO DE RECIPIENTES Y ENVASES

3.6.1 Recipientes para muestras

Con frecuencia es necesario tomar muestras de OE en pequeñas cantidades para fines de control de la producción y para propósitos de investigación. El manejo de estas muestras debe hacerse tomando todas las precauciones establecidas para envasar OE 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 la válvulas debe estar conectada a un tubo que llegue hasta el extremo opuesto.

Estos recipientes deben ser diseñados por lo menos para una presión de operación de 10.6 kg/cm² (150 lb/pulg²) y serán probados hidrostáticamente a la presión de diseño.

Los recipientes para muestras, antes de ser cargados, deben ser purgados completamente con nitrógeno, u otro gas inerte. Al tomar muestras de recipientes portátiles que no cuenten con tubo sumergido, deberán invertirse éstos para que salga el producto líquido por la parte inferior; los recipientes que cuentan con el tubo, tienen una válvula conectada a él para tomar de ahí la muestra. El recipiente para la muestra debe mantenerse frío con hielo u otro medio de refrigeración. Normalmente, la presión de los recipientes portátiles es suficiente, en estas condiciones, para tomar la muestra.

Cuando se tomen muestras de acumuladores o tanques de almacenamiento, se puede subir un poco la presión en el recipiente, mediante la inyección de gas inerte.

3.6.2 Recipientes portátiles.

Si se va a cargar un recipiente con OE, se debe purgar con gas inerte. Nunca omitir esta precaución, ya que el aire acelera notablemente las reacciones de descomposición del producto y aumenta mucho la inflamabilidad de sus mezclas con gases inertes.

Los recipientes portátiles cargados deben quedar con una presión de 2 kg/cm² (30 lb/pulg²) cuando menos, si se emplea nitrógeno como gas inerte. En estas condiciones, puede aumentar la temperatura hasta 30°C (86°F) sin que la fase de vapor contenga más de 65% de OE.

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 cual deberá garantizar que el recipiente en ningún caso se encuentra totalmente lleno de líquido a 85°C (185°F). La cantidad cargada dependerá de la temperatura del producto introducido al cilindro; por ejemplo, cargando OE a 10°C (50°F), es necesario no pasar de una densidad de llenado de 77.8%.

3.7 PRECAUCIONES GENERALES RESPECTO A LOS RECIPIENTES VACIOS.

Cuando hayan quedado vacíos los recipientes retornables empleados para el transporte de esta sustancia, la etiqueta roja deberá ser cubierta o sustituida por una etiqueta blanca, de 15.2*15.2 cm (6*6 pulg), cuando menos, con la leyenda "VACIO" en letras negras y de altura no menor que 2.5 cm (1 pulg).

Los recipientes retornables que se utilicen para este servicio, deben ser probados periódicamente, por lo menos cada 5 años, a una presión equivalente a 1 1/2 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 ya indicadas. Los cilindros de las especificaciones ICC:3B, 4AA-4B, 4B o 4BA, deben probarse cada 5 años cuando menos, al doble de la presión de servicio. Los autos tanque empleados para el transporte de este producto deberán probarse hidrostáticamente por lo menos cada 5 años, a una presión de 1 1/2 veces la de diseño. Esta prueba debe repetirse si se efectúan reparaciones en el tonel, o si el auto tanque estuvo fuera de servicio por más de un año.

Las válvulas de alivio de los carros tanque dedicados al servicio de OE deben ser probadas y calibradas periódicamente, cuando menos cada 5 años, de modo que operen a las presiones indicadas en la parte de carros tanque.

Las válvulas de alivio de los autos tanque deben probarse cada 5 años cuando menos, y operar de tal modo que la presión no exceda un 130% de la presión de diseño. Otros dispositivos de alivio y seguridad deben revisarse también cuando menos cada 5 años.

3.8 ANEXOS

Incluye:

- Guía de Emergencia en el Transporte de OE (en caso de accidente).
- Localización de Centros Productores de OE y sus Derivados
- Logística de Carros Tanque

Guía de Emergencia en el Transporte [MCA* Chem-Card]

Oxido de Etileno

Líquido incoloro bajo presión; olor dulce como éter

RIESGOS

FUEGO Extremadamente inflamable. Puede incendiarse por calor, chispas o flama abierta. Mantener frío el tanque, el sobrecalentamiento o el fuego pueden causar ruptura violenta del tanque.

EXPOSICION Vapores altamente irritantes. El líquido se impregna en la ropa, particularmente en los zapatos, causando quemaduras retardadas. Las soluciones acuosas de líquido o vapor causan quemaduras inmediatas.

EN CASO DE ACCIDENTE

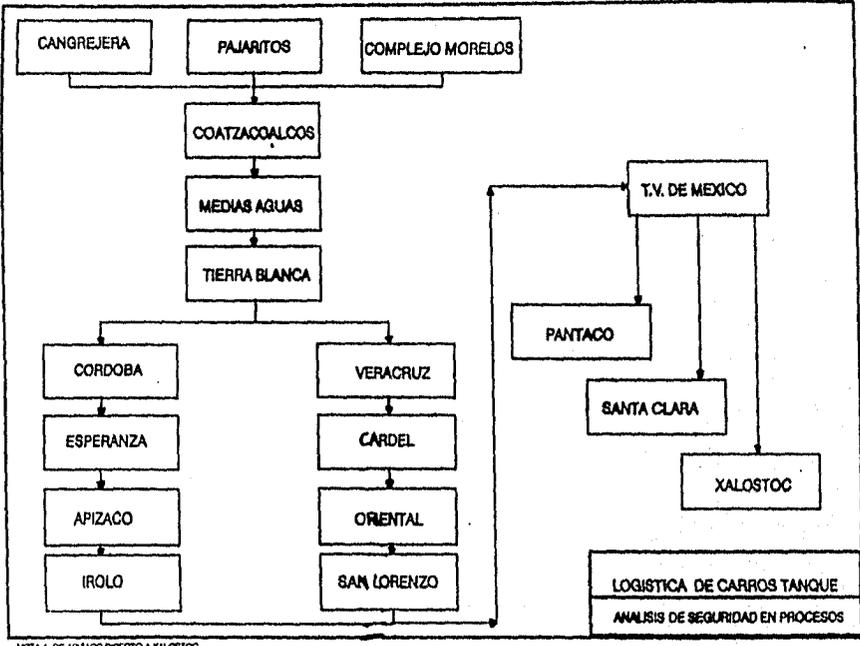
SI ESTO PASA

HAGA ESTO

<p>DERRAME o GOTEO</p>	<p>Cortar ignición. No fumar ni encender. Mantenerse alejado de goteras pequeñas y evacuar el área en caso de goteras grandes o ruptura del tanque. Cortar la gotera sin correr riesgo. Usar aparato de respiración autónomo y traje protector "de buzo" completo incluyendo botas de hule. No exponerse a altas concentraciones de gas, y no aproximarse a fugas de líquido. Inundar rociando spray de agua. Dirigir hacia la cloaca el derrame si la entrada es apropiada. Derramar hacia el drenaje, puede crear un riesgo de explosión, notificar a las autoridades.</p>
<p>FUEGO</p>	<p>Dejar arder. Rociar agua en spray para proteger los alrededores. Si el tanque se expuso al fuego, enfriarlo con agua. Después de apagado el fuego, lavar a chorro de agua pues podría ocurrir una re-ignición.</p>
<p>EXPOSICION</p>	<p>Remover hacia un sitio fresco y llamar al médico. Si no hay respiración, aplicar oxígeno o respiración artificial. Si la respiración se dificulta, administrar oxígeno. En caso de contacto con la piel u ojos, lavar inmediatamente bajo el chorro del agua, por lo menos 15 minutos; remover la ropa contaminada y los zapatos. Mantener al paciente descansando y bajo observación por 24-48 horas; los efectos pueden ser retardados.</p>

* MCA : Manufacturing Chemical Association Inc.

Localización de Centros Productores de Oxido de Etileno y sus Derivados



NOTA 1. DE APIZACO DIRECTO A XALOSTOC.
 NOTA 2. SI VUELO POR SAN LORENZO, SI ENTRA AL VALLE DE MEXICO

4. Descarga del óxido de etileno.

4.1 DESCARGA DE LOS RECIPIENTES Y ENVASES

Por sus propiedades tóxicas e inflamables, y por su inestabilidad, deben tomarse toda clase de precauciones durante el llenado y la descarga de los recipientes y envases con OE. Para evitar que los vapores del producto sean respirados, o que el líquido o vapores muy concentrados entren en contacto con la piel, se debe emplear siempre el equipo de protección personal adecuado.

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

4.1.1 Recipientes para muestras

Para descargar el contenido de los recipientes con muestras de OE, se inyecta nitrógeno u 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 válvula inferior. Si el recipiente tiene un tubo sumergido, el gas inerte debe inyectarse por la válvula del tubo corto, y extraer el producto por el tubo sumergido. Siempre debe extraerse el producto líquido; si se requiere la muestra gaseosa, el OE se evapora 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 OE, sumergiéndolo en un baño de agua, a no más de 50 C (122 F).

4.1.2 Recipientes portátiles.

Hay que extraer el producto siempre líquido de los recipientes portátiles; ya que, si se extrae de la fase gaseosa, se pierde el nitrógeno diluyente y, por lo tanto, la fase vapor puede quedar en condiciones inestables. En algunos casos, no es suficiente la presión del nitrógeno para expulsar toda la fase líquida; en tales casos, se debe aumentar la presión, agregando más nitrógeno antes de vaciar. Los tanques especificación ICC-5P pueden presionarse hasta 3.5 kg/cm² (50 lb/pulg²) y los recipientes diseñados para soportar presión superior, hasta 5.3 kg/cm² (75 lb/pulg²) para facilitar la extracción del líquido a través del tubo sumergido. Durante la descarga y el almacenamiento, los cilindros deben mantenerse en posición vertical. Los recipientes portátiles descargados deben dejarse con una presión de 0.703 a 0.352 kg/cm² (10 a 5 lb/pulg²), con objeto de prevenir la entrada de aire durante el transporte del recipiente al sitio de llenado.

Cuando sea necesario disponer de OE gaseoso, se debe extraer como líquido del recipiente y vaporizarlo en un dispositivo externo adecuado. Si se requiere utilizar pequeñas cantidades de OE para hacerlo reaccionar con otras sustancias, se debe colocar 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 fig 23.

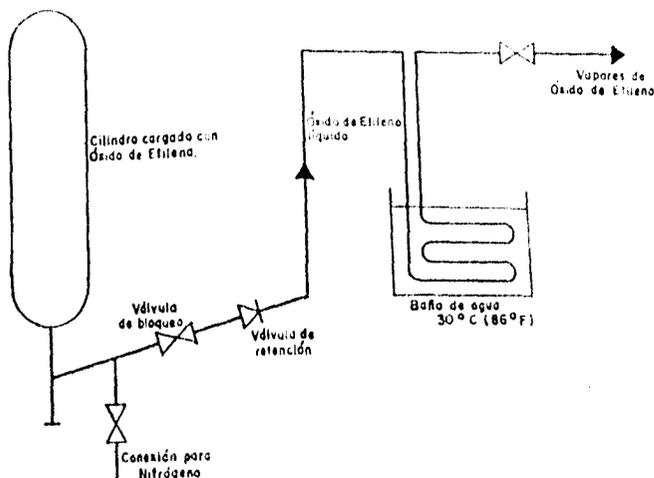


Figura 23. Instalación típica para vaporizar Oxido de Etileno proveniente de los cilindros.

4.1.3 Carros tanque

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-105A100-W.

Tal como se indicó en el capítulo anterior, el tanque de transporte o carro tanque debe tener la boquilla para conexión de salida del líquido y para la línea de compensación de gas, las cuales deben tener una válvula de cierre rápido así como válvulas de accionamiento manual. Adicionalmente, éstas válvulas deben poder ser actuadas a control remoto, en caso de fugas en las tuberías.

La válvula de cierre rápido va en la línea de descarga hacia el tanque de almacenamiento. Como alternativa se puede instalar en lugar del actuador remoto un limitador de flujo que también puede cerrar las válvulas en caso de un flujo excesivo de OE. Cuentan también con una válvula check de exceso de flujo, la cual cierra cuando la válvula de descarga es abierta en forma demasiado rápida.

Se deberá conectar una línea de gas inerte al tanque para proporcionar una presión de 2.4 a 4.5 kg/cm² (35 a 65 lb/pulg²).

Las bridas deben ser del tipo macho-hembra. Si se usan bridas planas, debe usarse empaques con armado de acero.

Siempre que pueda acumularse OE entre dos elementos de cierre en una tubería, se debe instalar una válvula de seguridad que descargue en el tanque de almacenamiento. Si se tienen más de una tubería protegidas con una válvula de seguridad, se deben instalar válvulas de no retorno (check) sobre dichas líneas.

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

- mantener el carro tanque conectado eléctricamente a tierra, para disipar la electricidad estática
- mantener el carro tanque frenado
- colocar desviadores en las vías, a la distancia adecuada
- colocar señales con el texto "ALTO -CARRO TANQUE CONECTADO" o "ALTO - HOMBRES TRABAJANDO", durante el tiempo que dure la operación.

Debe procurarse que la carga o la descarga se realice a la luz del día o en su defecto con suficiente luz artificial.

Las estaciones de descarga deberán estar cuando menos a 50 pies (15 m) del tanque de almacenamiento y se deberán tener rociadores de agua.

Para descargar los carros tanque hacia un tanque de almacenamiento debe usarse una instalación similar a la indicada en la figura 24, con un medio de enfriamiento adecuado para el OE que se tenga almacenado.

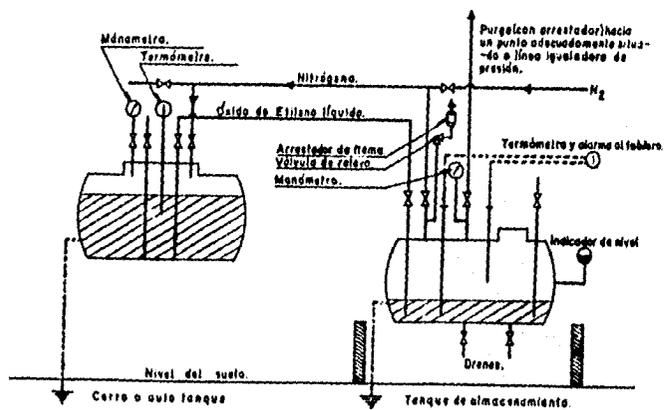


Figura 24
INSTALACIÓN TÍPICA PARA DESCARGAR CARROS O AUTOS TANQUE.

4.2 PROCEDIMIENTO DE DESCARGA

Para efectuar la descarga se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- a) Pesar el carro tanque.
- b) Conectar las tierras.
- c) Una vez que el carro tanque ha sido colocado en el puente de descarga, se deben colocar zapatas en las ruedas para impedir el deslizamiento del mismo.
- d) 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.
- e) 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 0.35 a 0.70 kg/cm² (5 a 10 lb/pulg²).
- f) Se debe revisar que no existan fugas en las válvulas y conexiones del carro tanque, en caso contrario se deben reportar para su corrección.
- g) Revisar que se encuentren abiertas la válvulas de llegada al tanque de almacenamiento.
- h) Conectar el carro tanque a través de una válvula con un tubo sumergido. Las líneas de conexión debe ser de acero inoxidable.
- i) Inyectar nitrógeno al carro tanque hasta obtener una presión de 2.11 Kg/cm² (30 lb/pulg²)
- j) Abrir lentamente las válvulas de la línea de producto líquido para que éste fluya hacia el depósito, observar la mirilla en la línea de descarga para detectar el paso del material. Es necesario vigilar la presión del carro tanque; se agregará el nitrógeno necesario para sostenerla.
- k) Purgar el depósito que recibe el producto para que la presión no aumente en su interior.
- l) Al terminar de vaciar el carro tanque, soplar la línea de OE líquido y desconectar el carro tanque; se debe dejar una presión en el interior de éste, aproximadamente de 2 kg/cm² (28.4 lb/pulg²), inyectándole nitrógeno si es necesario.
- m) Inyectar nitrógeno al tanque de almacenamiento, hasta que su presión suba a 2.5 kg/cm² (35 lb/pulg²).
- n) Volver a pesar el carro tanque.
- o) Revisar el sistema de enfriamiento del tanque de almacenamiento y dejarlo operando correctamente.
- p) Como los carros tanque usados para transportar OE tienen válvulas de exceso de flujo en las líneas de líquido, si se extrae el producto con demasiada rapidez, pueden cerrar las válvulas; por lo tanto, los movimientos deben hacerse lentamente.
- q) 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. En caso de inyectarse el nitrógeno, la presión en el tanque de almacenamiento debe ser la misma del carro tanque para evitar generación de vapores de OE.
- r) Se desconecta el sistema de tierra y el seguro contra movimiento del carro. Las zapatas se pueden dejar colocadas hasta que el carro tanque vaya a ser retirado del puente de descarga.

La estación de llenado de OE debe preverse con un sistema de lavado para eventuales derrames de OE.

4.3 ALTERNATIVA

Utilizando Bomba

De preferencia, hacer esta operación por gravedad. Si no es posible, utilizar una bomba centrífuga con sello mecánico doble. Seguir los mismos pasos del procedimiento de descarga anterior.

Los carros tanque llegan presionados a 2.5 Kg/cm² o 3.0 kg (36 lb/pulg²) (presión de vapor del OE = 1.4 Kg/cm² (20 lb/pulg²)), misma presión a la que se encuentra el tanque de almacenamiento, esto es para generar la menor cantidad de vapores posibles de OE.

Al final de las líneas de transferencia y compensación debe tenerse un recipiente de absorción con solución de bisulfito de sodio.

Debe tenerse una conexión de nitrógeno en la línea de compensación y también en la línea entre el tanque y la válvula de cierre rápido, para sopletear en caso de reparaciones.

Revisar que se encuentren abiertas la válvulas de llegada al tanque de almacenamiento, debe estar alineado un filtro, las válvulas en la succión y la descarga de la bomba deben estar abiertas (macho y pistón en la descarga).

Se presiona el carro tanque a 3.0 Kg/cm² y se abre lentamente la válvula de descarga, observar la mirilla en la línea de descarga para detectar el paso del material. En cuanto exista un flujo a través de la línea, se arranca la bomba, se abre completamente la válvula de descarga en forma lenta para evitar que la válvula de sobreflujo cierre, lo cual ocurre al tener un flujo alto de descarga.

Al normalizar el flujo de OE, se abre la válvula de la línea igualadora de presiones y se cierra la de la alimentación de nitrógeno al carro tanque. Observar el manómetro del carro tanque para verificar que esté igualada su presión con la del tanque de almacenamiento.

Al concluir la descarga, se detectará la falta de flujo a través de la línea y mandará parar la bomba.

Se cierra la línea igualadora de presión y se incrementa la presión del carro tanque a 3.5 Kg/cm², para barrer la línea de descarga hacia el tanque de almacenamiento. Revisar que haya flujo a través de la mirilla. Cuando se inicie el incremento de presión en el tanque de almacenamiento, se cierran la válvulas de llegada al tanque, las de succión y descarga de la bomba, las del filtro y la de descarga del carro tanque.

El recipiente de absorción con bisulfito debe ventear al ambiente a través de un arrestador de flama. Para control de bisulfito se debe tener un aparato de medición de pH.

Las líneas de presión de la bomba al tanque se deben prever con enfriamiento. Las tuberías enfriadas y que puedan almacenar OE deben ser de acero inoxidable para evitar la corrosión por condensación de agua.

5. Almacenamiento del óxido de etileno.

5.0 GENERALIDADES

Debido a sus propiedades físicas y químicas, el OE requiere condiciones especiales para su manejo y almacenamiento.

La alta volatilidad del OE, aunada a su inflamabilidad extrema, explosividad y toxicidad, hacen imperativo que los recipientes se ubiquen en lugares frescos (abajo de los 30 °C), protegidos de los rayos del sol y de toda fuente de calor.

Las plantas que lo manejan deben ser diseñadas e instaladas de tal manera que permitan almacenarlo adecuadamente, separados de fuentes de ignición y que cualquier fuga o derrame que ocurra, sea dispersado rápidamente y de una forma tan segura como practica.

Las plantas deberán de contar con un suministro de agua suficiente que permita una dilución adecuada en caso de fuga. Después de la instalación y antes de usarla por primera vez, el sistema deberá ser rigurosamente examinado y probado de acuerdo a estándares y códigos apropiados. Se recomienda usar códigos relacionados a los gases licuados del petróleo (Norma 50 NFPA, norma DIII-12 de Pemex) para aplicarse en instalaciones de OE.

5.1 AREAS DE TRABAJO

5.1.1 Areas y distribución (layout)

Las áreas de almacenamiento y proceso deben ser accesibles para los propósitos de combate al fuego.

El equipo de la planta debe estar situado al aire libre o en una edificación que tenga lados abiertos para asegurar la dispersión de cualquier emisión inadvertida de vapores. Los pisos deben ser impermeables, lavables y tener un drenaje adecuado.

El riesgo de incendios simultáneo se deberá reducir por la distribución cuidadosa de los tanques, tuberías, sistemas de drenajes y el uso de barreras resistentes al fuego.

Es indispensable mantener siempre en servicio y en buenas condiciones de trabajo, los dispositivos de alivio de los recipientes. Tales dispositivos reducen considerablemente la presión generada durante una descomposición explosiva (en algunos casos hasta un 25% del valor alcanzado sin ellos).

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 multiplicando la presión absoluta inicial (al producirse la descomposición), por un factor que va desde 4 tratándose de pequeños recipientes, hasta 11 o más tratándose de recipientes de gran capacidad. La rapidez de descomposición es muy grande y se registran aumentos de temperatura de varios cientos de grados centígrados en milésimas de segundo.

Por otra parte, según normas establecidas por la NFPA, se deben considerar las siguientes medidas para prevenir explosiones e incendios de líquidos combustibles e inflamables.

- ✓ Eliminación de las fuentes de ignición.
- ✓ Eliminación del aire en el recipiente.
- ✓ Mantenimiento de líquidos en recipientes o sistemas cerrados.
- ✓ Ventilación para impedir la acumulación de vapores por abajo de límites de inflamabilidad.
- ✓ Aplicación de una atmósfera inerte.

5.1.3 Áreas de almacenamiento

Las áreas de almacenamiento deben estar localizadas lejos de las plantas de proceso, oficinas y perímetros vecinales. Deben estar en una zona de bajo riesgo y abierta.

La distancia de separación entre los tanques y las construcciones pueden ser las mismas que las dictadas en los códigos para LPG (NFPA) y no deben ser menores a 15 m. No se debe compartir el área de almacenamiento del OE con otros materiales inflamables. Asimismo, estas áreas se deben proteger contra posibles daños accidentales.

5.1.4 Planta

La distribución del equipo en las plantas donde se maneja el OE debe ser de tal manera que permita un acceso adecuado en caso de emergencia. Deberán ser áreas abiertas y contar con pisos impermeables y un drenaje adecuado. Los cuartos de control deben contar con una ligera presión positiva interna de aire. Es recomendable también contar con alarmas que indiquen cualquier fuga de OE.

Los detalles de una planta que maneja como reactivo el OE, varían de un proceso a otro, de la escala de operación y particularmente de las materias primas empleadas, pero en general, se pueden seguir como criterios de diseño y de operación los que aquí se mencionan.

5.2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO

5.2.1 Almacenamiento de recipientes portátiles.

Las bodegas o locales usados para almacenar OE en cilindros portátiles debe ser en locales 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, polvo, nieve o agua; además, deben ser lugares ventilados y frescos. No es conveniente que simultáneamente se almacene en estas bodegas explosivos, detonadores, materias combustibles u oxidantes, o bien, productos tóxicos.

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

Las bodegas usadas para almacenar cilindros con este producto deben tener drenajes con sellos hidráulicos y conexiones e instalaciones eléctricas apegadas al Código Nacional Eléctrico y a la Norma de Seguridad Pemex AVI-5 "Reglamento para la Selección de equipo eléctrico en lugares peligrosos por la presencia de lugares inflamables".

5.2.2 Almacenamiento en tanques fijos.

5.2.2A Tanques e instrumentación

El OE en cantidades de importancia se almacena en tanque de acero diseñados para trabajar a 7 Kg/cm^2 (100 lb/pulg^2). Tanto las líneas de entrada como de salida del producto, es conveniente que lleguen hasta el fondo del tanque.

Estos tanques deben estar provistos invariablemente con dispositivos adecuados para inyectarles un gas inerte, que generalmente es nitrógeno, 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 estos vapores debe pasar a través de un arrestador de flama antes de descargar a la atmósfera, y 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.

Además deben contar con siempre con termómetro, manómetro, indicador de nivel (de preferencia que no sea de vidrio, o en caso de serlo, que esté dotado de válvulas de bloqueo de exceso de flujo); deben existir también una o dos purgas y un registro de cuando menos 15.7 cm (18 pulg). Ver figura 25.

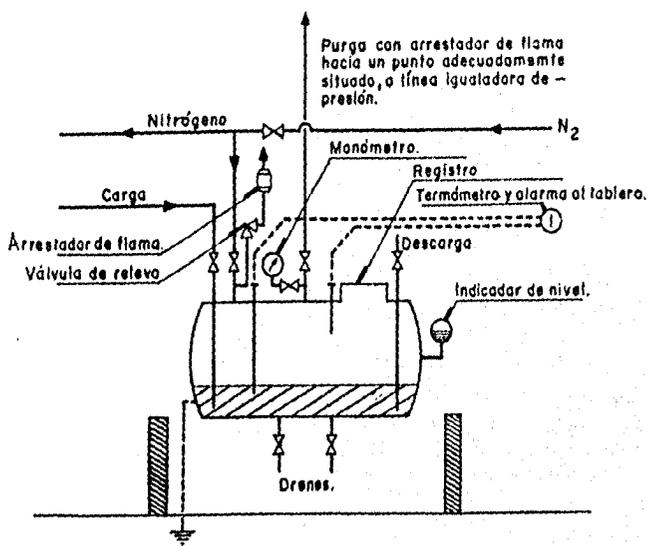


Figura 25.
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

5.2.2B Diques

En caso de fugas o necesidades de vaciado de emergencia del tanque de almacenamiento, se deberá contar con un lugar que contenga un volumen de agua capaz de diluir el OE por abajo de la concentración de inflamación. Esto se logra con los muros de contención, tomando en cuenta que se debe evitar la posibilidad de una alberca de fuego bajo el tanque (por lo que se recomienda llevarlo a una zona adyacente para su control).

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 y 1.8 m (5 y 6 pies). El área interior de los diques debe contar con un drenaje adecuado para las aguas pluviales y se mantiene totalmente libre de hierba, así como una franja de 6.7 m (25 pies) alrededor de ella. Deben estar situados cuando menos a 3 m (10 pies) de los muros y 6 m (20 pies) de cualquier otro tanque que contenga líquidos inflamables.

5.2.2C Líneas de carga

Los tanques de almacenamiento, así como las tuberías, deben conectarse a tierra para evitar acumulación de electricidad estática y aislarse con espuma de vidrio y acero galvanizado. Las líneas de carga deben entrar por el fondo o llegar hasta éste. Conviene que las tuberías que descarguen y que lleguen directamente al tanque, se conecten tangencialmente a la pared interior de recipiente para que sea mínima la generación de electricidad estática. Deben contar con instalaciones fijas para enfriamiento mediante aspersión de agua.

5.2.2D Distancias en construcciones

Las distancias entre los tanques y las construcciones o vías públicas, no deben ser menores de 7.6 m (25 pies). Respetando las distancias anteriores, en caso de una explosión de una máquina como consecuencia del aumento de la presión interna, la onda expansiva se atenúa lo suficiente en esta distancia; tanto en las explosiones de tipo térmico representadas por una reacción ordinaria descontrolada y la ruptura de un recipiente, como en las del choque, en que el aumento de presión resulta de una reacción a velocidad supersónica. Si el material que pudiera causar la explosión fuese un explosivo auténtico, las distancias deben ajustarse a la tabla de distancias para almacenamiento de explosivos.

5.2.2E Llenado y Temperaturas

Los tanques deben llenarse como máximo hasta un 85% del volumen total de capacidad de agua del tanque. Se deben mantener bien pintados para evitar la oxidación exterior. Es recomendable mantenerlos cubiertos por material aislante térmico.

El OE puede almacenarse a temperaturas de 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 a 25°C (41 a 77°F), cada una de ellas presenta ciertas ventajas y ciertos inconvenientes:

- * A baja temperatura se puede formar hidrato cuyo punto de fusión es 11.1 °C (52 F), causando taponamientos peligrosos.
- * A temperatura ambiente es mayor la rapidez de desprendimiento de calor en caso de ocurrir polimerización por contaminación accidental.
- * 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 celda de conductividad que indique la presencia de contaminantes.

5.2.3 Tanques de proceso

Los recipientes de proceso deberán cumplir con las normas dictadas por el código ASME para recipientes sujetos a presión. La presión mínima de diseño deberá de ser 7 kg/cm² (100 lb/pulg²). Los tanques deben contar con válvulas check y con dispositivos adecuados de bloqueo tales como válvulas de cierre por presión diferencial, negativa a sentido del flujo, estos deben ser colocados en la línea alimentadora antes de los recipientes de reacción.

Como complemento a lo anterior se sugieren los criterios mencionados a continuación para el diseño:

- ⇒ No se debe permitir que el OE caiga libremente por el espacio de vapor del tanque. Se debe diseñar un rompedor de tipo sifón justo abajo del techo del tanque, de forma que el líquido no sea empujado hacia afuera en caso de tener una fuga en la línea.
- ⇒ Eliminar todos los puntos muertos del recipiente. Donde no sea posible por ejemplo en las entradas de las válvulas de seguridad es necesario instalar una purga de nitrógeno para evitar la polimerización por material estancado.
- ⇒ No se deben usar aislamientos de magnesio ya que disminuye significativamente las temperaturas de ignición de cualquier cantidad de material adsorbida. Se puede usar material de uretano, aunque recientemente este está siendo reemplazado por espuma de vidrio; tampoco se recomienda el uso de corcho, lana mineral. Cualquier material usado para aislar debe ser probado antes de usarse.
- ⇒ Los soportes y estructuras deben estar protegidos por material que tenga una resistencia al fuego de al menos 2 horas.
- ⇒ Solamente se deben usar lubricantes de hidrocarburos fluorinados si existe la posibilidad de que éstos entren en contacto con el producto. Si es posible, se debe emplear un sistema no lubricado.
- ⇒ Los tanques deben estar aterrizados.
- ⇒ Las válvulas check no deben ser instaladas en los sistemas de relevo para mantenerlas alejadas de los vapores de OE.

Advertencias para áreas de almacenamiento y uso de OE:

- Paso de personal restringido.
- Prohibido fumar, encender fuego y llevar luz sin protección.
- Atención: veneno.
- Atención: sustancia inflamable.
- Uso obligatorio de guantes.
- Uso obligatorio de gafas.

5.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PEMEX

5.3.1 Complejo La Cangrejera

El enfriamiento se consigue mediante recirculación constante del OE a través de cambiadores de calor externos enfriados con salmuera. La producción y, por lo tanto, el llenado de las esferas es continua. Se utilizan para el manejo del OE bombas centrífugas con doble sello mecánico, cuya cámara es alimentada con agua. El volumen mínimo mantenido en las esferas de almacenamiento es de 20% para garantizar una recirculación adecuada a los cambiadores de calor externos.

Si fuera necesario desfogar las esferas, se hace a través de un venteo que burbujea los vapores en una columna de agua, arrastrando los vapores residuales a la atmósfera mediante una corriente de nitrógeno. Esta descarga se realiza por una tubería con arrestador de flama, en una torre metálica y a una altura de 20 m (66 pies).

Para el almacenamiento de OE en Cangrejera, se tienen dos esferas de 2,000 ton. cada una, conservándose el producto a una temperatura de -5°C y 4 kg/cm^2 (23°F y 57 lb/pulg^2) de presión de nitrógeno. Los tanques son de acero al carbón con recubrimiento interior de acero inoxidable T-304.

5.3.2 Complejo Pajaritos

Los tanques están montados dentro de un dique de contención y están aislados con una capa de poliuretano de 2 pulg. Cada tanque tiene dos válvulas de seguridad con descarga directa a la atmósfera, calibradas a 4.7 kg/cm^2 (69 lb/cm^2).

Para el enfriamiento del OE almacenado se cuenta con dos paquetes de refrigeración con dos compresores cada paquete, cambiadores de calor externos y bombas de recirculación.

Para el almacenamiento en Pajaritos, se tienen 5 tanques cilíndricos, horizontales, de acero al carbón de 100 ton. cada uno, a 15°C y 3.5 kg/cm^2 (59°F y 50 lb/pulg^2). La temperatura del OE saliendo de la planta es de aproximadamente 30°C (86°F).

5.4 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y MATERIALES USADOS

Toda la tubería, válvulas de seguridad y los tanques de alimentación y almacenamiento de OE, deben ser construidos de acero al carbón y acero inoxidable, diseñados para una presión

de trabajo de por lo menos 10.2 Kg/cm² (145 lb/pulg²), como un factor de seguridad de acuerdo con las especificaciones de *ASME*.

5.4.1 Equipo y Herramientas

El equipo y las instalaciones eléctricas deben cumplir con lo especificado en la *Norma de Seguridad Pemex AVII-5*, anteriormente citada. El equipo eléctrico usado debe ser clase I, división I, grupo B o clase I, división II, grupo B.

Todo el equipo debe estar adecuadamente aterrizado. Los motores eléctricos, las luces y el demás equipo eléctrico deben ser a prueba de explosión. Las herramientas deben ser a prueba de chispas.

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 cobre, berilio o los aceros inoxidables.

El tanque de almacenamiento debe ser probado hidrostáticamente, drenado, secado y purgado de aire antes de ser puesto en operación.

Como ya se indicó, deben evitarse los materiales que contengan cobre, plata, magnesio y otros metales que forman acetiluros. El material más indicado para los discos de ruptura es el níquel. El panel de los arrestadores de flama debe construirse, de preferencia, de lámina de acero inoxidable.

5.4.2 Juntas o Empaques

Toda la construcción que sea soldada debe ser perfectamente sobre-riveteada. Dada la tendencia del OE de escapar por orificios o ranuras, deben usarse conexiones soldadas y bridas, en vez de conexiones roseadas, 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. Las válvulas y los estoperos de las bombas pueden empacarse con cordón de asbesto reforzado con alambre de metal blanco o chevón; 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 OE; el poliestireno se comporta menos bien y el hule natural, así como el cloruro de polivinilo, se hinchán y se vuelven porosos a la larga.

No se deben usar en ningún caso empaques de asbesto y/o hule natural debido al efecto de lubricante que ejerce el óxido de etileno sobre éstos materiales causando fuga.

5.4.3 Válvulas

Las válvulas usadas en servicios de OE, es conveniente que sean de acero inoxidable; pueden usarse con ventaja válvulas de diafragma.

5.4.4 Bombas

Para manejar este producto pueden usarse tanto bombas centrífugas como recíprocas. En caso de usar bombas recíprocas, la cámara, el émbolo y los anillos, deben ser de hierro fundido no lubricados, y el cilindro puede ser de acero o de hierro fundido. Debe usarse sello mecánico o de teflón. Las válvulas y sus guías deben ser de acero inoxidable 18-8.

La bomba debe tener colocado un sistema de rociadores para enfriamiento. Si se encuentra localizada en un área lejana y no se le pone atención durante varias horas durante su funcionamiento, entonces deberá tener un sistema detector de gas combustible.

El cuerpo de la bomba debe ser de acero o hierro dúctil, no se debe usar hierro fundido. No se debe permitir el uso de cobre en las partes de la bomba que vayan a estar en contacto con el OE. El motor debe tener disparo de alta temperatura como parte de su propia protección. La base debe ser debidamente aterrizada y el cople debe tener su guarda de protección.

La clasificación de los equipos eléctricos, tales como motores, interruptores, etc., deben ser *clase I o II, grupo B o C*, dependiendo de la hermeticidad del sistema eléctrico usado.

Las bombas deben estar localizadas en un cuarto o área separada de los diques que rodean a los tanques de almacenamiento.

5.4.5 Tuberías

En el diseño de tuberías que manejen OE, tanto gaseoso como líquido, deben evitarse los puntos bajos donde puedan acumularse polímeros. El polímero es soluble en OE y agua, pero puede originar estancamientos que propicien la descomposición del OE. Las tuberías que no tengan flujo por períodos largos de tiempo, hacerlas tan cortas como sea posible. Donde no sea posible la eliminación de tales circunstancias, colocar una purga con nitrógeno para reducir polimerización.

No utilizar juntas de expansión.

5.4.6 Locales

En los locales cerrados en que se maneje OE 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 12 cambios de aire por hora. Debe contarse con control manual remoto, que permita poner en servicio la ventilación en caso necesario.

Los edificios de mampostería, destinados para operaciones que incluyan el manejo de OE, deben contar con 9.3 dm² (1 pie²) de área no rígida, formada por puertas, ventanas, techos o pisos por cada m³ (35 pies³) de volumen, con objeto de evitar serios daños estructurales en caso de ocurrir una explosión en el interior del edificio.

5.5 DETERMINACIONES DE PRODUCTO EN LA ATMÓSFERA.

Dadas las propiedades tóxicas del OE, 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 o 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 de orden de 10 ppm (18 mg/m³) y aún más bajas, puede usarse un procedimiento de laboratorio en el que el OE se convierta 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. Ver nota 1.

Tratándose de concentraciones de OE de 0.1% (por ejemplo, en el interior de recipientes que han sido abiertos para su reparación y limpieza), se puede utilizar un método cromatográfico empleando como gas de arrastre, hidrógeno. Puede utilizarse también, un explosímetro.

5.6 RECOMENDACIONES DURANTE SU ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento por poseer cantidades considerables de OE, deben ser un punto de especial atención, por lo que cabe hacer las recomendaciones siguientes:

- ⌘ Verificar por lo menos una vez cada turno, la presión, temperatura y nivel, y reportarlas en bitácora.
- ⌘ Almacenar la cantidad necesaria, no tener excedentes y no llenarlos a más de un 85%
- ⌘ Cualquier fuga o falla de instrumentación, equipo, válvulas, etc., deben ser reparadas con prioridad.
- ⌘ Revisar periódicamente el funcionamiento del equipo contra incendio.
- ⌘ Revisar anualmente las válvulas de seguridad para checarlas, y si es necesario recalibrarlas.
- ⌘ Mantener el área de almacenamiento limpia, sin basura ni hierba.
- ⌘ Cuando se bombeen carros tanque deberá estar una persona capacitada y con equipo de seguridad completo cuidando el desarrollo de la operación.
- ⌘ Cuando existan varios tanques de almacenamiento, evitar tiempos prolongados de residencia, rotando el consumo de los mismos.

Véase "Determinación de Sustancias Tóxicas en el Aire" de N. Strafford, C.R.N. Strouts y W. V. Stubbings, pag. 134.

5.7 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 OE 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 cerrar el equipo.

Las pruebas hidrostáticas deben ser objeto de un programa bien definido, para evitar omisiones o errores al efectuarlas. El agua usada 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 que se recomiendan para las pruebas 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.

5.8 REPARACION Y LIMPIEZA DE TANQUES Y EQUIPO

5.8.1 Precauciones generales

Durante las reparaciones del equipo debe tenerse particular cuidado de que se utilicen materiales apropiados para sustituir piezas o partes dañadas. Nunca debe hacerse un cambio del material sin autorización expresa de una persona autorizada, quien deberá comprobar que el nuevo material no es objetable.

No deben reemplazarse piezas cuyo material es de descomposición desconocida, sin una investigación previa sobre las recomendaciones existentes al respecto.

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 de personal adecuado. En tales casos, debe recabarse una autorización escrita en la cual se indiquen las precauciones a tomar.

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 deben protegerse con equipos de respiración de alimentación independiente de aire, o bien, autosuficientes. También debe tenerse disponible el equipo contra incendio adecuado.

5.8.2 Precauciones para abrir líneas y recipientes.

Antes de abrir recipientes o líneas que hayan contenido o se presume que contengan OE, aunque se encuentre mezclado con otras sustancias, debe extraerse todo el líquido contenido, de preferencia pasándolo a otro recipiente cerrado. A continuación, los vapores remanentes deben ser arrastrados con gas inerte; en caso de que el gas usado para el arrastre 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 de OE llenando con agua totalmente; en este caso, sin embargo, debe recordarse que aun soluciones muy diluidas son inflamables, para tomar las precauciones del caso al purgar el agua hacia los drenajes.

La presencia de vapores de OE se indica con explosímetros adecuados; el olor del producto semejante al del éter etílico, es también una buena advertencia en caso de fugas o derrames.

Antes de abrir registros o desconectar bridas, se hace una revisión del área comprobando que no existen fuentes de ignición, como por ejemplo, equipo eléctrico que no sea a prueba de explosión, 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 altas temperaturas, motores de combustión interna en servicio, etc.

La tuberías o recipientes que vayan a deslapearse deben estar totalmente aislados mediante la colocación de juntas ciegas en todas las posibles fuentes de contaminación. Además, debe comprobarse que hayan sido lavados con gas inerte o llenados con agua y vaciados después como se indicó anteriormente.

5.8.3 Precauciones para entrar a los recipientes

Se debe comprobar que no haya gases inflamables en el interior del recipiente y verificar que la concentración de OE no sea superior a los límites establecidos, así como, que no existe deficiencia de oxígeno, o sea, que por lo menos haya un 16% de este gas en el ambiente interior.

Todo trabajo realizado bajo estas condiciones debe efectuarse con máscaras de bote químico adecuado para OE. En el exterior del recipiente, deben permanecer una o varias personas que cuenten con un equipo de protección respiratoria autosuficiente o de alimentación forzada. Todas las personas que realicen trabajos de limpieza o reparación en interior de recipientes, 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.

5.9 DISEÑO DE MATERIALES INFLAMABLES O TÓXICOS

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 alejado. Solo como último recurso debe vaciarse al drenaje tomando las precauciones necesarias y la operación se hará lentamente y lavando con gran cantidad de agua.

Las purgas de vapores de OE 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.

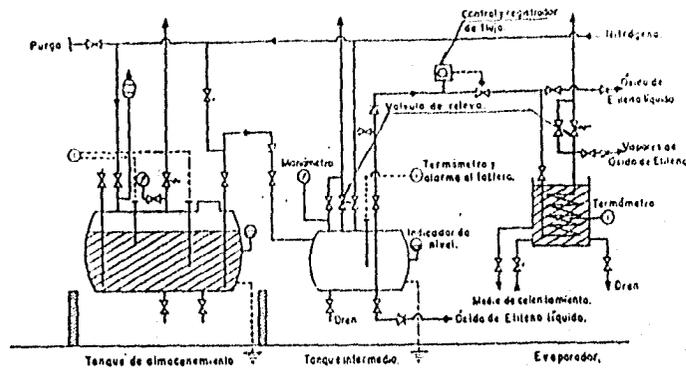


Figura 26

Instalación típica para transferir el óxido de etileno contenido en tanques al proceso

6. Técnicas de Análisis de Seguridad en Procesos

6.1 ANALISIS DE SEGURIDAD EN PROCESOS

6.1.2 Definición

Se define como análisis de Seguridad en Procesos a la serie de técnicas sistemáticas que se aplican para identificar riesgos potenciales en un proceso y para asegurar que se especifiquen medidas para su eliminación y control.

6.1.3 Técnicas de análisis

Las técnicas que integran el ANALISIS DE SEGURIDAD, han sido desarrolladas por diversas compañías e instituciones para su aplicación, de las cuales para efectuar el estudio en una sección de almacenamiento se identificó a las siguientes:

- Análisis de Falla y Efecto
- Cálculo de Nubes Explosivas
- Modelo Para la Dispersión de Fugas y Derrames
- Modelo Para la Dispersión de Gas Liberado en Forma Masiva e Instantánea.

6.2 MODELOS ATMOSFERICOS

Para efectuar la simulación o modelización de los riesgos, se utiliza un paquete de Modelos Atmosféricos. Este paquete cuyo nombre es SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias), está integrado por cuatro modelos:

- Modelo de Evaluación de Daños Provocados por Nubes Explosivas
- Modelo de Dispersión de una Emisión Puntual Continua de Gas
- Modelo de Dispersión de un Gas o Vapor Proveniente de una Fuga o Derrame de un líquido que se Evapora
- Modelo de Dispersión de un Gas Liberado en Forma Masiva e Instantánea

Los tres modelos de dispersión son del tipo gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares.

Es necesario mencionar que este paquete de modelos debe considerarse principalmente como herramientas de "cribado" para el análisis de posibles situaciones de dispersión de un contaminante o sustancia tóxica, y no como un medio a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

6.2.1 Modelo de evaluación de daños provocado por nubes explosivas

El modelo de evaluación de daños provocado por la explosión de una nube de gas o vapor inflamable, involucra el cálculo para determinar un potencial explosivo aproximado de sustancias empleadas en la industria. Dentro de las sustancias que se contemplan en el modelo como factibles de formar nubes explosivas se tienen:

- a) Gases contenidos a una presión de 500 psi (35.16 kg/cm²) o más.
- b) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de alta presión o baja temperatura.
- c) Líquidos combustibles e inflamables mantenidos a una temperatura superior a la de su punto de ebullición y que se encuentran en estado líquido por efecto de presión (se excluyen las sustancias cuya viscosidad sea mayor a la de 1EG centipoises o que posean puntos de fusión mayores a 100 °C o 212 °F).

Existe una serie de suposiciones inherentes al modelo que le permite efectuar la estimación y predicciones de daños provocados por la explosión de la nube, destacando las siguientes:

- La fuga de material (almacenado o en proceso) es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas a menos que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad.
- El material fugado se vaporiza en forma instantánea formándose inmediatamente la nube; la vaporización y formación de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical. Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- El calor de combustión del material se transforma a un equivalente de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = 1,016.7 kcal/kg).
- La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21.1°C (70°F).
- Se considera que una nube originada en el interior del edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo.

Para determinar la magnitud de la fuga de material explosivo en una planta, se pueden considerar dos criterios o tipos de daños probables:

- a) El Daño Máximo Probable (DMP).
- b) El Daño Máximo Catastrófico (DMC).

La magnitud de la fuga bajo un escenario de DMP se estima considerando:

- a) El tamaño de la fuga estará determinado por el contenido del mayor recipiente del proceso o conjunto de recipientes del proceso conectados entre sí, si están aislados uno de otro por válvulas automáticas o a control remoto. Si existen estas válvulas se considerará el contenido del mayor recipiente.
- b) No se considerará como limitante de la formación de una nube, la existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga.

Bajo un escenario de DMC la magnitud de la fuga se estima considerando:

- a) El tamaño de la fuga estará determinado por el contenido del mayor recipiente del proceso o conjunto de recipientes de proceso conectados entre sí. No se tendrá en cuenta la existencia de válvulas automáticas.
- b) Se considerará la destrucción o daños graves de tanques de almacenamiento mayores, como formadores de nubes catastróficas.
- c) Se considerarán las fugas en tuberías de gran capacidad que sean alimentadas en zonas remotas, exteriores o interiores, asumiendo que la tubería será dañada mutuamente y que la duración de la fuga es de media hora.
- d) No se considerará como limitante de la formación de una nube, la existencia de fuentes cercanas de ignición.
- e) Se incluirán los gases y líquidos empleados como combustibles.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas, circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión, estén situadas formando una circunferencia cercana de la nube, y las de mayor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. El objetivo del modelo es, entonces, determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y los daños producidos en instalaciones.

Determinación de los daños ocasionados

A fin de determinar los daños ocasionados por la nube explosiva, se emplean los datos de la tabla 1, la cual muestra los efectos de diversos valores de sobrepresión sobre instalaciones y equipos en plantas químicas. A estos daños se deben adicionar posibles incendios y explosiones subsecuentes.

Tabla 1. Efectos de nubes explosivas en plantas y en sus componentes vulnerables.

Sobrepresión		
(%)	(Kg/cm ²)	
0.30	0.021	Torre de enfriamiento: falla de mamparas.
0.5	0.037	Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y cristales de instrumentos. Torre de enfriamiento: falla de mamparas.
1.0	0.070	Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
1.5	0.105	Cuarto de control (techo de concreto): colapso del techo. Torre de enfriamiento: partes internas dañadas. Cuarto de instrumentos: rotura de ventanas y medidores.
2.0	0.140	Calentador: fractura de ladrillos.
2.5	0.171	Calentador: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
3.0	0.240	Tanques de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (aun al 50% de llenado). Cuarto de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados. Tanque de almacenamiento (techo flotante): el equipo se levanta (aun al 50% de llenado).
3.5	0.246	Cuarto de control (techo de concreto): fallas de paredes de concreto. Torre de enfriamiento: fallas de paredes de concreto. Reactor: el equipo se mueve y la tubería se rompe. Soportes de tuberías: marcos deformados.
4.0	0.281	Reactor químico: partes internas dañadas.
4.5	0.316	Medidor de gas: carcasa y caja deformables. Transformador eléctrico: daño por proyección de partículas.
5.0	0.351	Motor eléctrico: daño por proyección de partículas. Ventilador: carcasa y caja dañadas.
5.5	0.386	Soportes de tuberías: marcos colapsados, tubería rota.
6.0	0.421	Cuarto de instrumentos: unidad destruida. Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe.
6.5	0.457	Tanques de almacenamiento (techo cónico): equipo levantado (aun al 90% de llenado). Tanques de almacenamiento (techo flotante): equipo levantado (aun al 90% de llenado).
7.0	0.492	Reactor: partes internas dañadas.
7.5	0.527	Regenerador: unidad destruida. Cambiador de calor: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
8.0	0.562	Tanque de almacenamiento (esférico): el equipo se mueve y la tubería se rompe.
9.0	0.632	Reactor químico: unidad destruida. Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas. Recipiente horizontal a presión: unidad destruida. Cambiador de calor: unidad destruida.
9.5	0.668	Filtro: la unidad se mueve de sus cimientos.

10.0	0.703	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. Transformador eléctrico: unidad destruida. Ventilador: unidad destruida. Regulador de gas: controles dañados, carcasa y caja dañadas.
12.0	0.843	Reactor: unidad destruida. Recipiente vertical a presión: el equipo se mueve y la tubería se rompe. Bomba: líneas de fuerza dañadas.
14.0	0.984	Tanque de almacenamiento (esférico): falla de abrazaderas y soportes. Recipiente vertical a presión: unidad destruida.
16.0	1.125	Tanque de almacenamiento (esférico): unidad destruida. Bomba: la unidad se mueve de sus cimientos.
20.0	1.44	Tanque de almacenamiento: colapso del techo.
>20	>1.41	Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos.

6.2.2. Modelo de dispersión de una emisión puntual continua de gases

En los modelos de difusión gaussiana se tiene que la concentración promedio de contaminante (la pluma o masa gaseosa), a una distancia X viento abajo del punto de emisión o del centro de la pluma, es inversamente proporcional a la cantidad de dispersión de la pluma en la direcciones lateral y vertical y a la velocidad del viento de transporte.

A partir de observaciones efectuadas se ha encontrado que la concentración dentro de la pluma no es uniforme, sino que se tiene un máximo hasta el centro disminuyendo hasta los bordes.

Los coeficientes de dispersión estimados en este procedimiento, se aplican para sitios planos sin obstáculos importantes, y probablemente subestiman el potencial de dispersión de la pluma de emisores a baja altura en áreas construidas.

El modelo implica las siguientes suposiciones:

La pluma posee una distribución gaussiana de la concentración de contaminante en las dirección vertical y lateral, con desviaciones estándar de S_y y S_z .

- La velocidad media del viento es U y se considera constante durante el tiempo de aplicación del modelo.
- La fuente emite con un gasto constante Q .
- No existe depósito de contaminante hacia al suelo, ni reacciona con el mismo.
- La difusión de contaminante en la dirección X es insignificante, lo cual es adecuado si la emisión es continua o si la duración de la emisión es igual o mayor al tiempo de desplazamiento de la pluma.
- La densidad del gas en la pluma tiene un valor cercano a la densidad del aire.

6.2.3 Modelo de dispersión de un gas o vapor proveniente de una fuga o derrame de un líquido que se evapora

En la ocurrencia de una ruptura de un almacenamiento, el gasto podrá depender del tamaño de la ruptura y de la presión a la que se encuentre almacenado el gas. Para una fuga en una línea de conducción, el gasto será función del diámetro de la misma y de la velocidad a la cual será transportado el gas. Para fines prácticos de prevención, se recomienda modelar considerando un gasto máximo probable de gas fugado.

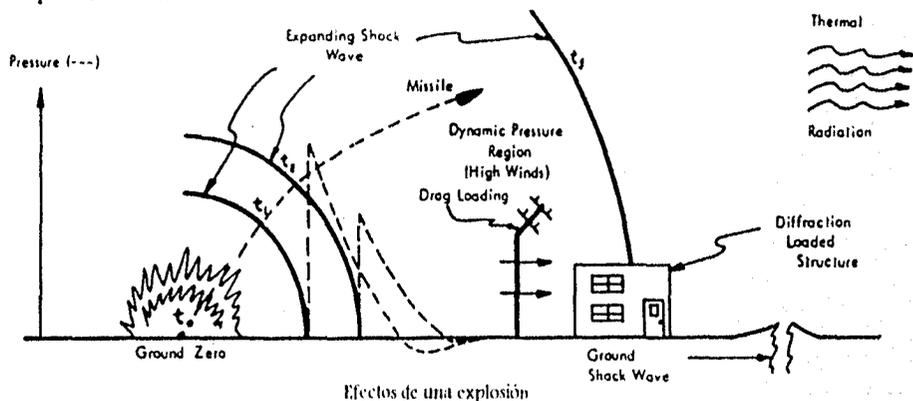
Las ecuaciones de dispersión gaussiana y sus parámetros asociados son los mismos que se presentaron en el modelo puntual continuo, y por lo tanto, las suposiciones y restricciones asociadas en el mismo, deben ser tomadas para la aplicación de este modelo.

6.2.4 Modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea

El modelo está desarrollado en base a las ecuaciones de dispersión gaussiana de una nube o "puff" tridimensional, formada por la masa de una sustancia gaseosa que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos, tal como sería la liberación de una nube de gas tóxico provocada por una explosión o ruptura de un almacenamiento.

6.3 DAÑOS POR EXPLOSIONES

Los materiales a alta presión se expanden a los alrededores como una esfera con una onda de choque esférica en el frente. Dependiendo de la localización del punto fuente, ya sea debajo del piso o en el piso, la onda de choque expansiva llega a ser diferente. Una explosión de aire produce complicaciones adicionales por el reflejo de la onda de choque de la superficie. Pero en general, la onda de choque expansiva va hacia afuera del lugar de la explosión. Cuando esta onda llega a un punto dado, la sobrepresión trae consigo que la onda crezca hacia un valor pico instantáneamente con la llegada de una onda de choque. Esta sobrepresión a un punto dado decae como una función del tiempo, eventualmente se vuelve negativa y finalmente llega a una presión ambiente.



Detrás de la onda de choque hay una región de movimiento de aire de alta velocidad, que llega a acercarse a la de los vientos huracanados. Estos movimientos de aire crean lo que se conoce como presión dinámica. Estas presiones son equivalentes a la energía potencial, es decir la energía cinética equivalente de los vientos. Los daños a las estructuras son equivalentes a los ocasionados por los altos vientos, es decir, cargas de arrastre y efectos de presión negativa.

6.3.1 Categorías de daños

Existen siete categorías de daños. Los efectos de ráfaga dañinos causados por una explosión caen dentro de las siguientes categorías principales:

- 1) Cratering
- 2) Carga de difracción de sobrepresiones pico
- 3) Carga dinámica de presión
- 4) Daño de proyectiles
- 5) Ondas de choque del piso
- 6) Radiación térmica
- 7) Efectos secundarios

El Cratering tendría significado solo si el cráter y la onda de choque del piso causaran la ruptura de algún contenedor o de líneas de proceso inmediatas. Para campos pequeños como el equivalente a una tonelada de TNT y esencialmente de nubes de gas, dicho cratering no ocurriría.

De varios de estos mecanismos la carga de difracción de la sobrepresión contribuye a un daño mayor en las explosiones químicas. El proceso de difracción es simplemente la carga que ocurre en una estructura causada por la aplicación diferencial de presión durante el tiempo en que la onda de choque llega a la estructura y la mueve. Las estructuras pequeñas sufren menos de difracción de carga porque el intervalo de tiempo en el cual la onda de choque llega al objeto es menor que la respuesta plástica del objeto a la carga diferencial. Para edificios muy grandes y estructuras, la carga diferencial puede causar daños llegando a alcanzar la destrucción completa.

Las presiones dinámicas son significativas del rango de 0.5 a 1.5 kg/cm² (10 a 20 lb/pulg²), sin embargo, el intervalo de tiempo durante este proceso es mucho más grande que el de carga de difracción.

6.3.2. Efecto en el personal

El alcance del daño al personal expuesto a la onda de sobrepresión depende de la energía y la velocidad de esa energía liberada. Los efectos dañinos en el hombre son función de las interacciones del personal con la presión incidente, p_i , presión dinámica del viento, q , y los alrededores. Sin embargo las correlaciones se han hecho con los incidentes actuales y pruebas controladas, es por eso que las recomendaciones para la tolerancia humana deben ser tomadas tentativamente.

El personal responde a las ondas de sobrepresión de larga duración (incidente de falla de presión) usadas en el campo rocoso como sigue:

<u>FALLA AUDITIVA</u>	<u>PRESIÓN INCIDENTE</u>
<i>Umbral 0%</i>	<i>2.3 psi</i>
<i>Daño Pulmonar</i>	<i>6.2 - 8.0 psi</i>
<i>Umbral</i>	<i>4.4 - 5.1 psi</i>
<i>Mortalidad</i>	<i>11 - 15 psi</i>
<i>Umbral 50%</i>	<i>15 - 18 psi</i>
<i>Cerca del 100%</i>	<i>19 - 24 psi</i>

En pruebas con cohetes, la presión incidente normal aceptada es de una psia y es suficiente para derribar a un hombre.

6.4 TERMINOLOGIA

Riesgo. Cualquier situación potencial de daño, tanto a personas como a instalaciones.

Explosión. Una explosión puede verse como un equilibrio rápido de un gas a alta presión con el medio ambiente. La palabra clave de la definición es "rápido". El equilibrio ocurre tan pronto, que la energía contenida en el gas de alta presión se disipa en una onda de choque.

Explosiones Físicas. Son las que se originan de fenómenos estrictamente físicos, tales como la ruptura de contenedores de gas presurizado, hervidores, etc.

Explosiones Químicas. Son aquellas en las que una reacción química es la fuente de la alta presión del gas.

Reacciones Uniformes. La reacción ocurre más o menos uniformemente a lo largo de la masa del material. Las reacciones químicas ordinarias donde se forman productos gaseosos a una velocidad muy alta pueden caer dentro de esta categoría.

Explosiones Térmicas. Son el resultado de reacciones exotérmicas que ocurren bajo condiciones de confinamiento provistas inadecuadamente para disipar el calor de reacción. Dichas reacciones pueden acelerarse hasta el punto donde se genere una alta presión de los gases y sobrevenga la explosión.

Reacciones de Propagación. La reacción se inicia en un punto específico del material y se propaga de ese punto hacia donde no ha reaccionado.

Deflagración y Detonación. Una deflagración se propaga a velocidades subsónicas, en el orden de varios pies por segundo; una detonación se propaga a velocidades supersónicas, es decir, mayores de 1100 pies/seg. Las deflagraciones pueden desfogarse sin problema; las detonaciones, en cambio, ocurren tan rápido que no se pueden desfogar.

Ondas de choque. Con una superficie rota (explosión subterránea) se produce una onda de choque con un frente hemisférico. La energía liberada, W , se concentra en esta onda.

Velocidad de flama. Movimiento de la flama relativo a un estado de referencia estacionario.

Velocidad de quemado (consumo). Movimiento de la flama relativo al movimiento del gas no consumido.

La velocidad de flama es una propiedad extrínseca y la velocidad de quemado es una propiedad intrínseca. Una propiedad extrínseca es una función del método experimental usado y una intrínseca siempre reproducirá en propiedades del método (por ejemplo punto de ebullición y presiones de vapor son ejemplos de una propiedad intrínseca).

La velocidad de quemado es una constante (verdadera) la velocidad de flama una constante (aparente). Para evitar la confusión se sugiere que se use el termino velocidad de flama aparente.

Temperatura de autoignición (AIT). Es también llamada temperatura espontánea de ignición (SIT). Es la mínima temperatura requerida para iniciar o causar la combustión de la sustancia por sí misma y es independiente de la fuente de ignición. Esta es una propiedad extrínseca, es decir, el valor es específico para un método experimental particular.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Capítulo 7

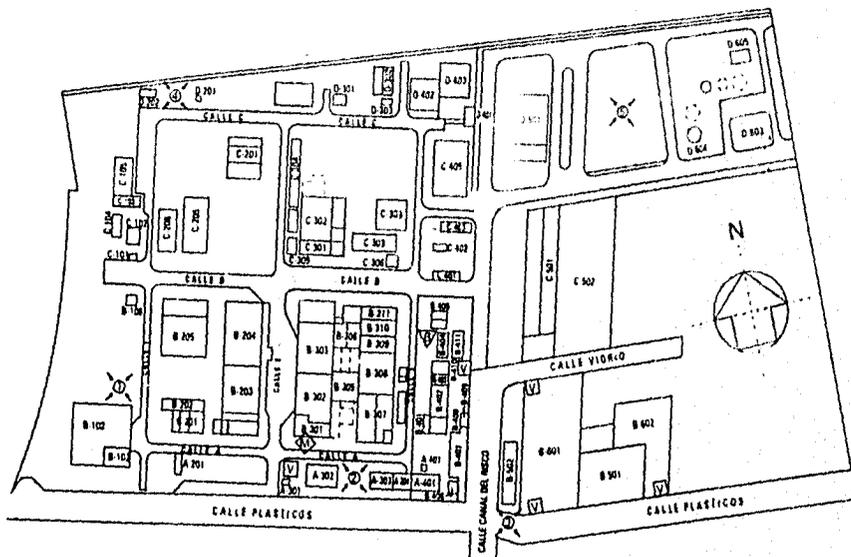
7. Modelización de los Riesgos

Como puede apreciarse, el riesgo más probable es el de explosión (riesgo máximo), seguido por el de inflamabilidad (riesgo alto), motivo por el cual se realiza la simulación del daño que ocasionaría una nube de óxido de etileno a diferentes volúmenes que realmente se manejan.

7.1 ESCENARIO

La simulación se llevó a cabo tomando como escenario el área de almacenamiento de una planta de Etoxilación, misma que es parte de un complejo industrial ubicado en Santa-Clara Ecatepec, Estado de México.

El área de almacenamiento de óxido de etileno para la planta de producción de etoxilados, se ubica en la parte noreste del complejo (ver croquis de localización); es ahí donde se llevan a cabo las maniobras con los carros tanque, así como la descarga de estos hacia los tanques de almacenamiento. El área es de aproximadamente 1000 m², teniendo a un lado tanques de almacenamiento de metanol (material también muy inflamable).



7.1.1 Carros Tanque

Por la extensión de la vía, se han llegado a tener hasta 3 carros tanque dentro, de los cuales pueden estar llenos hasta dos y uno vacío. La capacidad de estos carros es de 60.5 ton. (80 m³).

7.1.2 Tanques de Almacenamiento

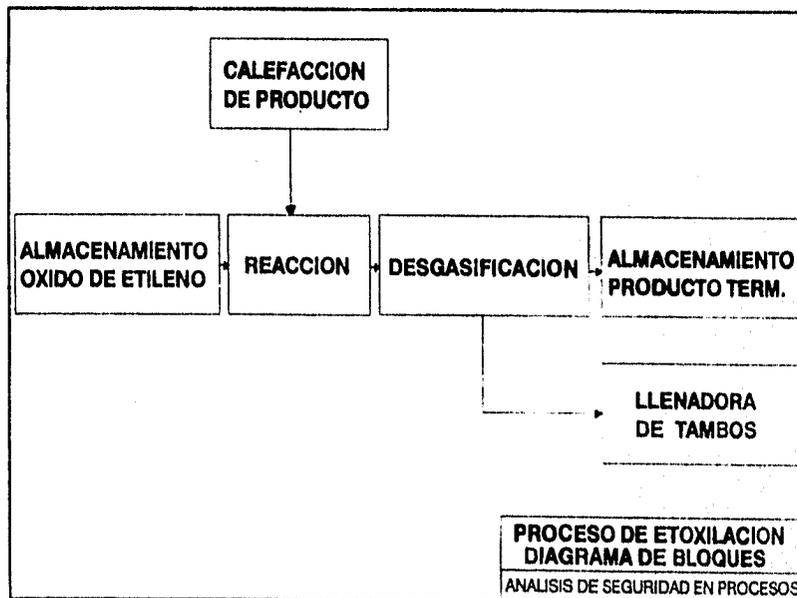
Se tienen actualmente dos tanques de almacenamiento, uno subterráneo y el otro al exterior. El de menor capacidad (13200 gal) es el exterior conocido por su forma y color como tanque Huevo o A-201. El tanque subterráneo tiene una capacidad de 26400 gal y es conocido como tanque Submarino ó A-861.

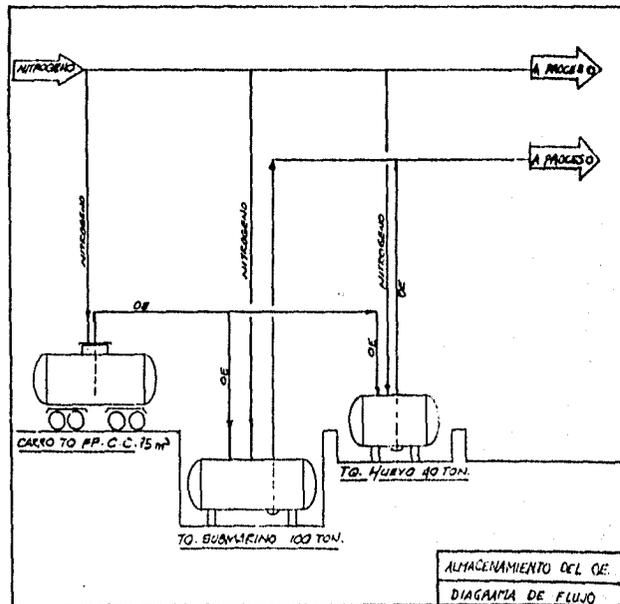
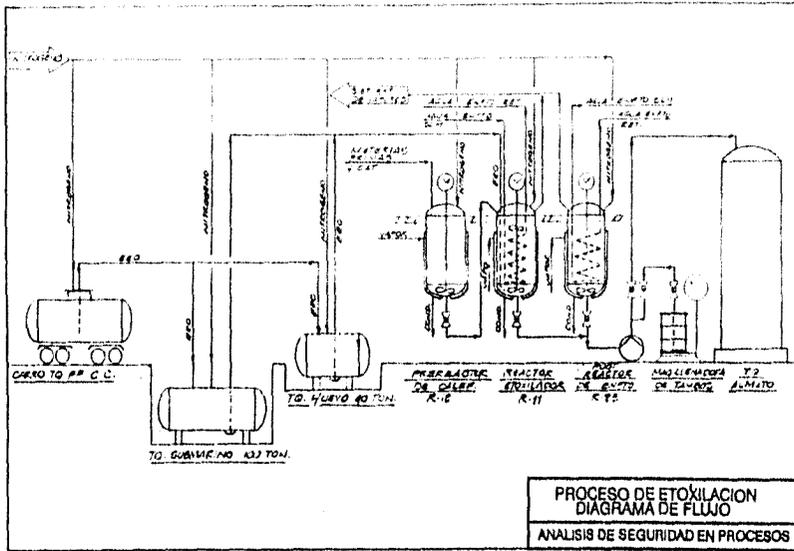
7.2 DIAGRAMAS

7.2.1 Diagrama de bloques del proceso

7.2.2 Diagrama de flujo del proceso

7.2.3 Diagrama de flujo del área de almacenamiento





7.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CON EL MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS

7.3.1 Simulación en carro tanque de ferrocarril

7.3.2 Simulación en tanque hueco (A-201)

7.3.3 Simulación en tanque submarino (A-861)

7.3.4 Simulación de caso remoto (carro tanque + tanque A-201 + tanque A-861)

7.3.5 Simulación de la dispersión de fugas y derrames.

7.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se deduce lo siguiente:

* Para un carro tanque de ferrocarril cuya capacidad es de 60.5 ton. (80 m³) de OE líquido, una explosión desprende la energía equivalente a 8.4 ton. de TNT y abarcaría un diámetro DMP de 800 m con una onda expansiva de 0.5 psi en esa distancia (ruptura de cristales y daño a techos); y de 150 m con una onda expansiva de 7 psi (tubería rota y equipo dañado en sus partes internas).

El diámetro DMC es de 1368 m para una onda expansiva de 0.5 psi y desprende la energía equivalente a 42 ton. de TNT; y de 254m con una sobrepresión de 7 psi.

* Para un tanque de almacenamiento cuya capacidad es de 44 ton. (50 m³) de OE líquido, una explosión desprende la energía equivalente a 5.6 ton. de TNT y abarcaría un diámetro DMP de 700 m con una onda expansiva de 0.5 psi en esa distancia (ruptura de cristales y daño a techos); y de 130 m con una onda expansiva de 7 psi (tubería rota y equipo dañado en sus partes internas).

El diámetro DMC es de 1195 m para una onda expansiva de 0.5 psi y desprende la energía equivalente a 28 ton. de TNT; y de 222m con una sobrepresión de 7 psi.

* Para un tanque de almacenamiento cuya capacidad es de 88.6 ton. (100 m³) de OE líquido, una explosión desprende la energía equivalente a 11 ton. de TNT y abarcaría un diámetro DMP de 880 m con una onda expansiva de 0.5 psi en esa distancia (ruptura de cristales y daño a techos); y de 200 m con una onda expansiva de 7 psi (tubería rota y equipo dañado en sus partes internas).

El diámetro DMC es de 1506 m para una onda expansiva de 0.5 psi y desprende la energía equivalente a 56 ton. de TNT; y de 340m con una sobrepresión de 7 psi.

* Considerando la remota posibilidad de tener una nube explosiva cuyo origen sea el carro tanque, mas los dos tanques de almacenamiento, tendríamos un total de 200 ton. (230 m³) de OE líquido. Por tanto, una explosión desprende la energía equivalente a 25 ton. de TNT y abarcaría un diámetro DMP de 1154 m con una onda expansiva de 0.5 psi en esa distancia (ruptura de cristales y daño a techos); y de 215 m con una onda expansiva de 7 psi (tubería rota y equipo dañado en sus partes internas).

El diámetro DMC es de 1974 m para una onda expansiva de 0.5 psi y desprende la energía equivalente a 126 ton. de TNT; y de 367m con una sobrepresión de 7 psi.

* Considerando una fuga en el domo del carro tanque, con un gasto de 100 g/s (1.8 GPM) a una altura de 2 m con velocidad del viento promedio de 4 m/s en esa zona:

En 49 segundos se tendría una pluma de 195 m, con una extensión de 110 m (un área de 21450 m² o 0.02 km²) y una concentración de 100 mg/m³ (55 ppm). A esta concentración hay síntomas de irritación de los ojos, sistema respiratorio y dolor de cabeza.

* En 7 minutos se tendría una pluma de 1650 m de distancia, con una extensión de 890 m (un área de 1.5 km²) y una concentración de 3 mg/m³ (1.6 ppm). Con esa concentración se está por arriba del TLV-TWA (jornada diaria de 8 horas).

MODELO DE EVALUACION DE DAÑOS DE NUBES EXPLOSIVAS

ECOLOGIA - PROTECCION AMBIENTAL

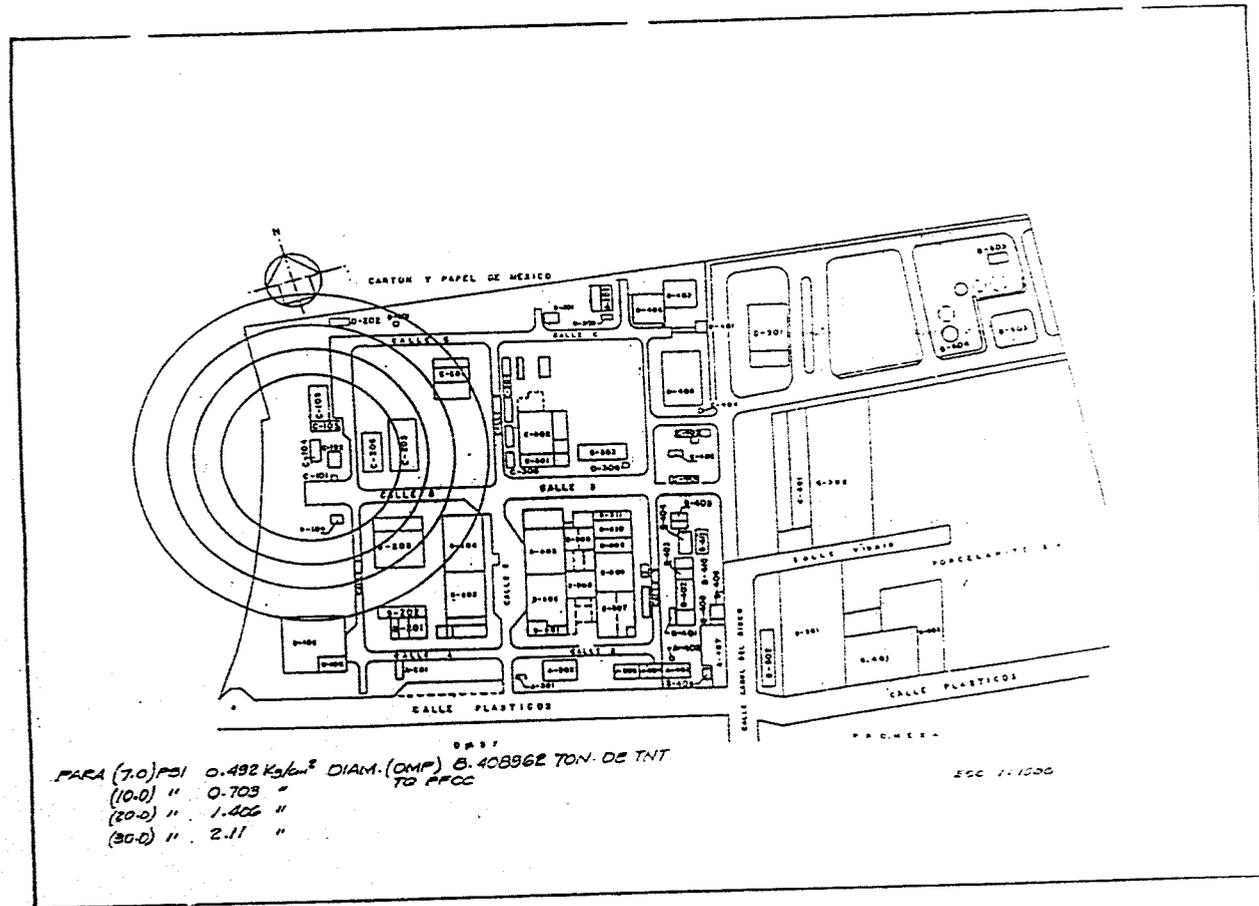
DATOS

Fecha (dd/mm/año)	:	06/06/94
Lugar de emisión	:	Carro tanque de ferrocarril
Nombre de la sustancia	:	Oxido de etileno
Tipo de sustancia [A, B, C]	:	B Gas licuado por alta presión a baja temperatura
Peso molecular (lb/lb mol)	:	44.054
Calor de combustión (BTU/lb)	:	11482.000
Límite inferior explosiv. (%)	:	3.000
Límite superior explosiv. (%)	:	100.000
Altura de la nube (ft)	:	15.000
Densidad a temp. proc. (g/ml)	:	0.887
Temperatura de ebullición (°C)	:	10.700
Temperatura del proceso (°C)	:	12.000
Volumen del proceso (gal)	:	19800.000

RESULTADOS

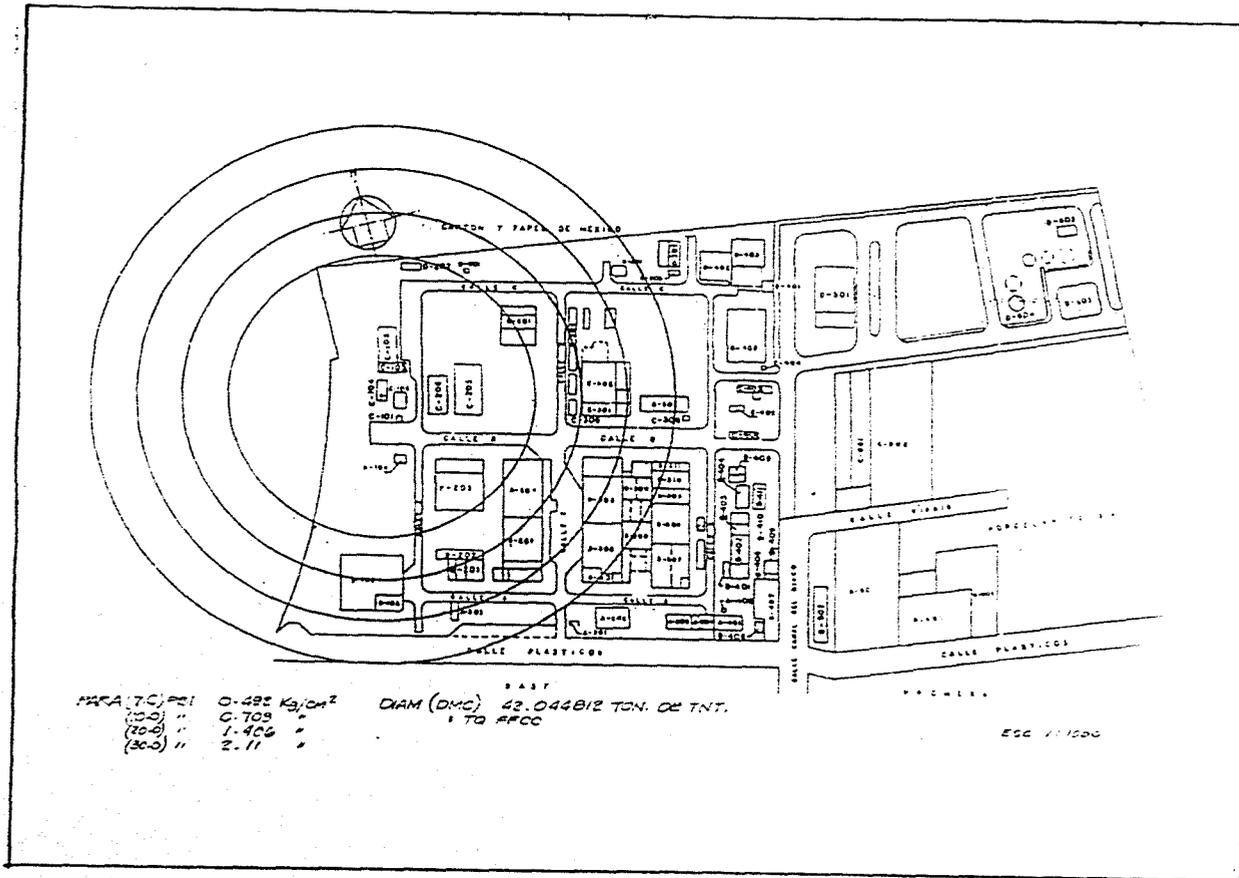
(WL) Peso del material líquido fugado :	148472.084 lb					
(W) Peso del material Vaporizado :	148472.084 lb					
(V) Fracción de material en la nube :	0.615 %					
(D) Di metro de la nube :	563.810 ft					
(Ed) Energía desprendida [DMP] :	8.408962 ton de TNT					
(Ed) Energía desprendida [DMC] :	42.0448122 ton de TNT					
Para	[0.5]	PSI	Di m. [DMP]	800.182 m	Di m. [DMC]	1368.292 m
	[1.0]			495.852		847.896
	[2.0]			300.811		514.037
	[3.0]			247.828		423.948
	[5.0]			180.998		309.482
	[7.0]			148.768		254.369
	[10.0]			123.063		211.974
	[20.0]			99.79		170.839
	[30.0]			74.378		127.184

COMENTARIOS:



PARA (7.0) PSI 0.492 Kg/cm² DIAM. (OMP) 5.408962 TON. DE TNT
 (10.0) " 0.703 " TO P/CC
 (20.0) " 1.406 "
 (30.0) " 2.11 "

ECC 1-1000



MODELO DE EVALUACION DE DAÑOS DE NUBES EXPLOSIVAS

ECOLOGIA - PROTECCION AMBIENTAL

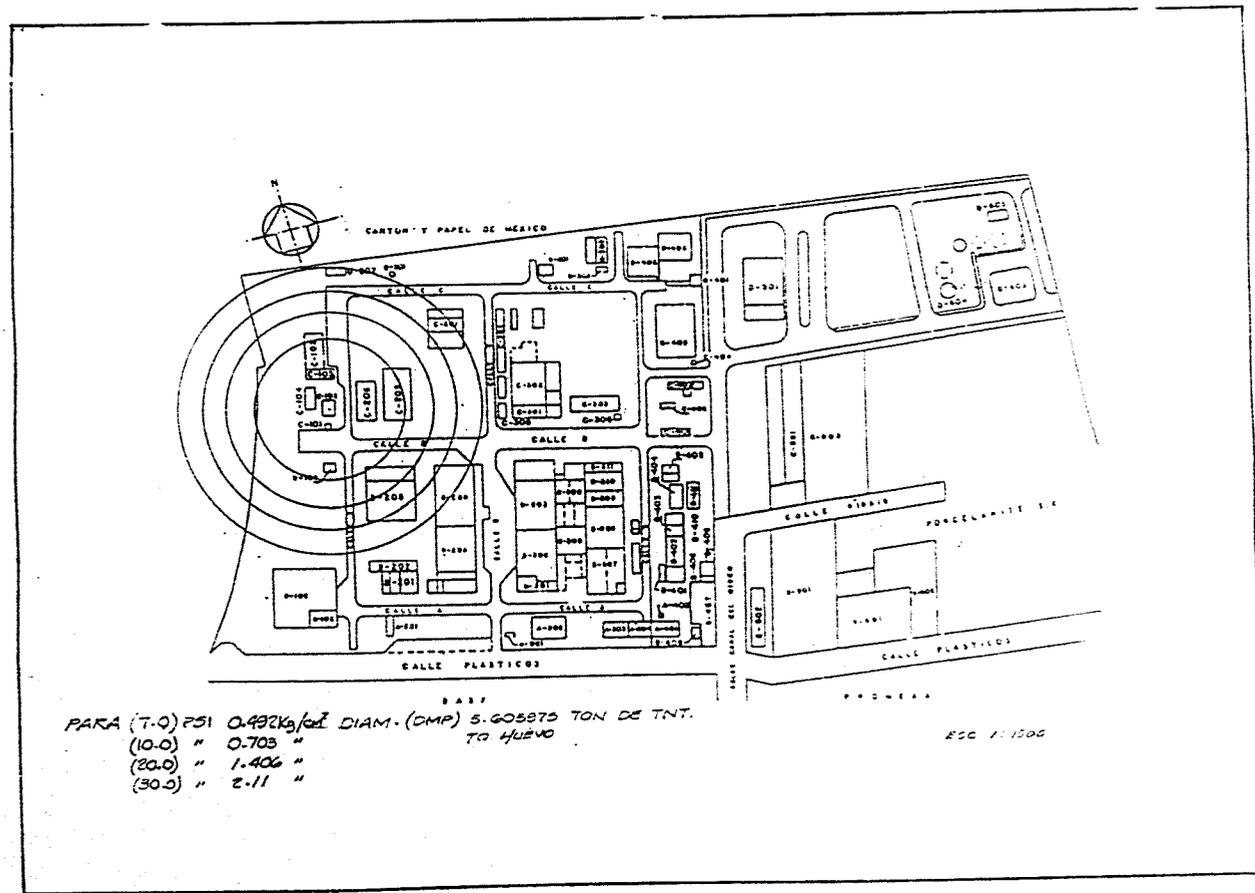
DATOS

Fecha (dd/mm/año)	:	06/06/94
Lugar de emisión	:	Tanque A-201 (Huevo)
Nombre de la sustancia	:	Oxido de etileno
Tipo de sustancia [A, B, C]	:	B Gas licuado por alta presión a baja temperatura
Peso molecular (lb/lb.mol)	:	44.054
Calor de combustión (BTU/lb)	:	11482.000
Límite inferior explosiv. (%)	:	3.000
Límite superior explosiv. (%)	:	100.000
Altura de la nube (ft)	:	15.000
Densidad a temp. proc. (g/ml)	:	0.987
Temperatura de ebullición (°C)	:	10.700
Temperatura del proceso (°C)	:	12.000
Volumen del proceso (gal)	:	13200.000

RESULTADOS

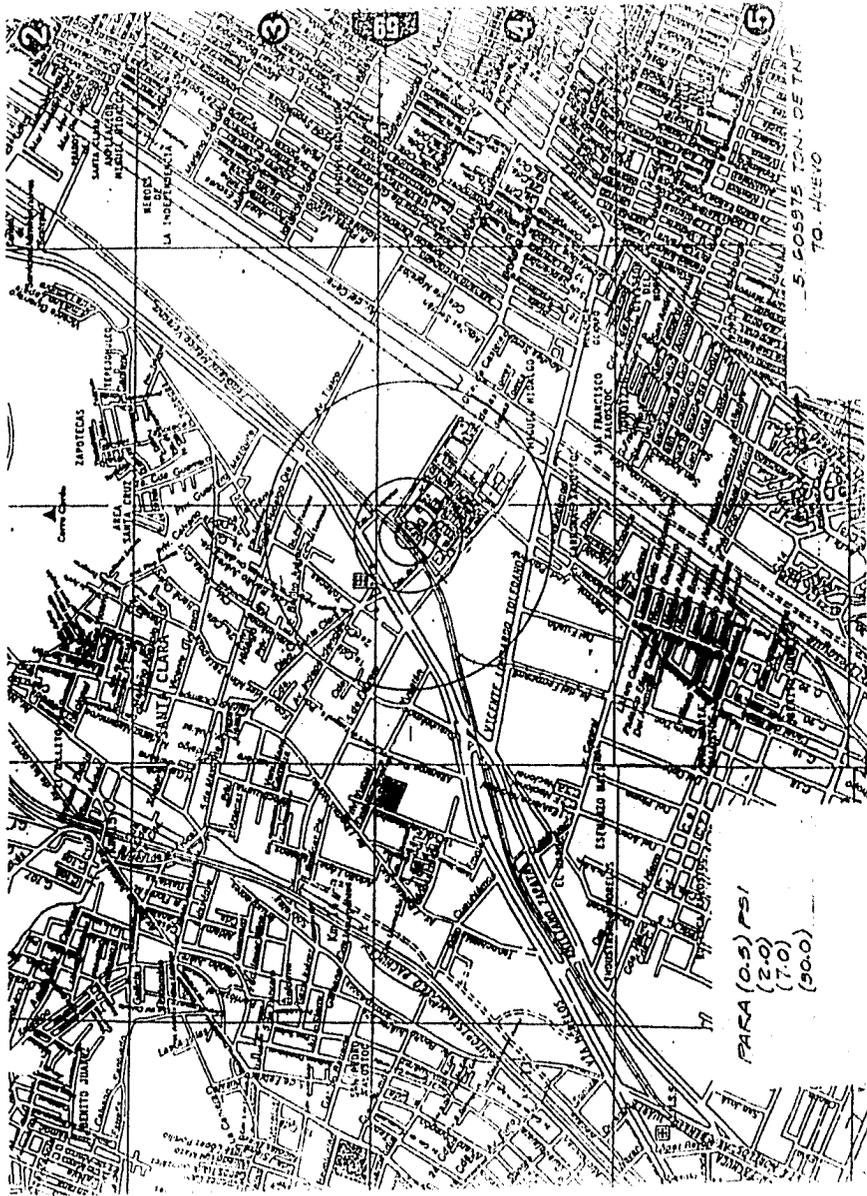
(WL) Peso del material líquido fugado :	97648.056 lb					
(W) Peso del material Vaporizado :	97648.056 lb					
(V) Fracción de material en la nube :	0.515 %					
(D) Diámetro de la nube :	460.349 ft					
(Ed) Energía desprendida [DMP] :	5.605975 ton de TNT					
(Ed) Energía desprendida [DMC] :	28.029874 ton de TNT					
Para	[0.5]	PSI	Di m. [DMP]	699.023 m	Di m. [DMC]	1195.313 m
	[1.0]			433.187		740.705
	[2.0]			282.607		449.052
	[3.0]			216.583		370.353
	[5.0]			158.108		270.357
	[7.0]			129.95		222.212
	[10.0]			108.292		185.178
	[20.0]			87.175		149.067
	[30.0]			64.975		111.108

COMENTARIOS:



PARA (7.0) PSI 0.482kg/ft² DIAM. (CMP) 5.605875 TON DE TNT.
 (10.0) " 0.703 " TO HUBNO
 (20.0) " 1.406 "
 (30.0) " 2.11 "

ESC 1:1500



PARA (0.5) PSI
(2.0)
(7.0)
(50.0)

5. POSSIBLE TO DETN
TO HLEVO

② ③ ④ ⑤

MODELO DE EVALUACION DE DAÑOS DE NUBES EXPLOSIVAS

ECOLOGIA - PROTECCION AMBIENTAL

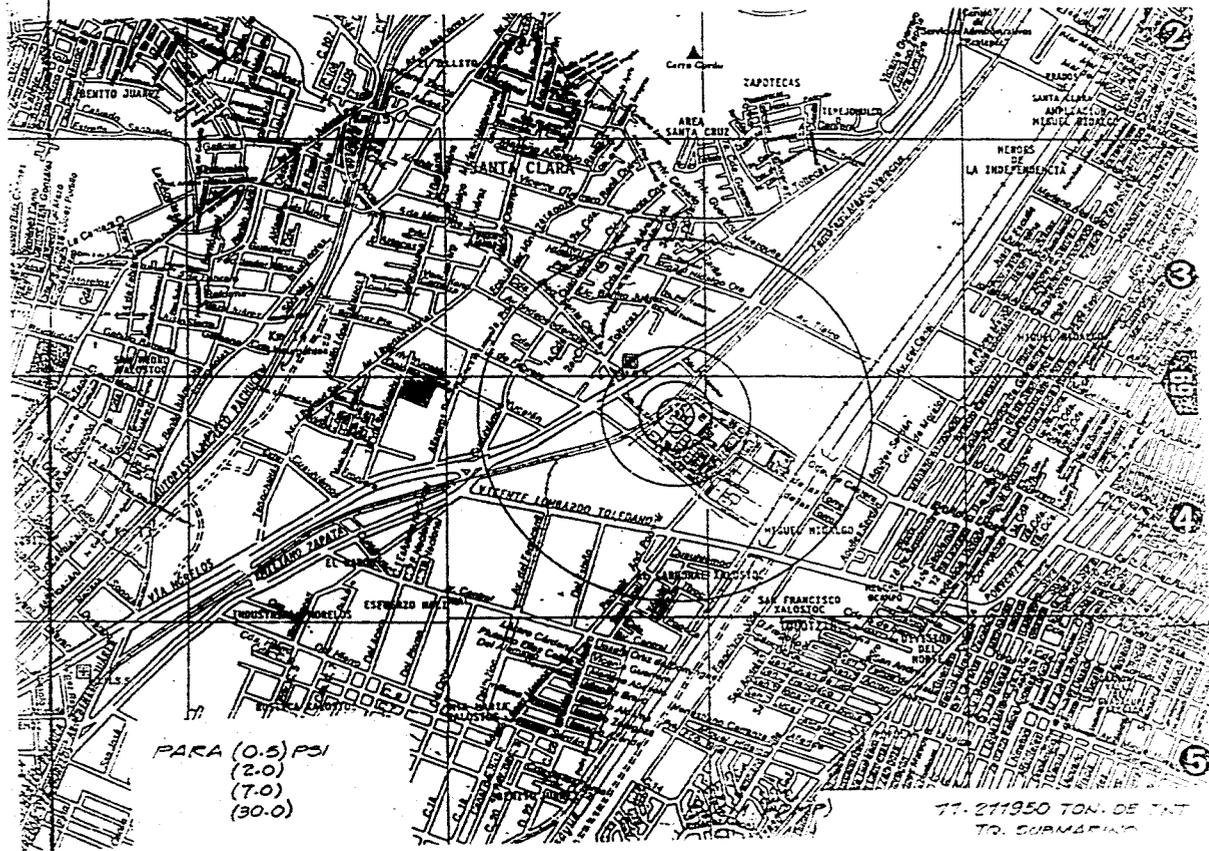
DATOS

Fecha (dd/mm/año)	:	06/06/94
Lugar de emisión	:	Tanque A-861 (submarino)
Nombre de la sustancia	:	Oxido de etileno
Tipo de sustancia [A, B, C]	:	B Gas licuado por alta presión a baja temperatura
Peso molecular (lb/lb.mol)	:	44.054
Calor de combustión (BTU/lb)	:	11482.000
Límite inferior explosiv. (%)	:	3.000
Límite superior explosiv. (%)	:	100.000
Altura de la nube (ft)	:	15.000
Densidad a temp. proc. (g/ml)	:	0.687
Temperatura de ebullición (°C)	:	10.700
Temperatura del proceso (°C)	:	12.000
Volumen del proceso (gal)	:	26400.000

RESULTADOS

(W _L) Peso del material líquido fugado :	195298.112 lb					
(W) Peso del material Vaporizado :	195298.112 lb					
(V) Fracción de material en la nube :	0.515 %					
(D) Di metro de la nube :	651.031 ft					
(E _d) Energía desprendida [DMP] :	11.21195 ton de TNT					
(E _d) Energía desprendida [DMC] :	58.059749 ton de TNT					
Para	[0.5]	PSI	Di m. [DMP]	880.714 m	Di m. [DMC]	1506 m
	[1.0]			545.758		933.23
	[2.0]			330.865		565.771
	[3.0]			272.878		466.815
	[5.0]			199.201		340.629
	[7.0]			163.727		279.969
	[10.0]			138.439		233.307
	[20.0]			109.833		187.813
	[30.0]			81.863		139.984

COMENTARIOS:



PARA (0.5) PSI
(2.0)
(7.0)
(30.0)

77. 211950 TON. DE TANT
TO. SUPLENIDO

MODELO DE EVALUACION DE DAÑOS DE NUBES EXPLOSIVAS

ECOLOGIA - PROTECCION AMBIENTAL

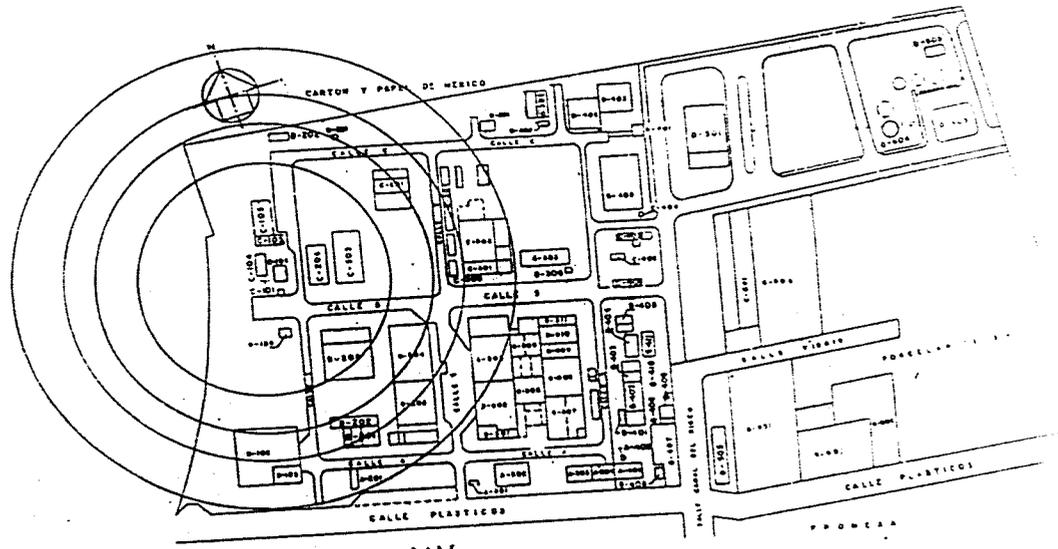
DATOS

Fecha (dd/mm/año)	:	01/07/94
Lugar de emisión	:	Tanque A-201 + tanque A-861 + carro tanque FFCC
Nombre de la sustancia	:	Oxido de etileno
Tipo de sustancia [A, B, C]	:	B Gas licuado por alta presión a baja temperatura
Peso molecular (lb/lb.mol)	:	44.054
Calor de combustión (BTU/lb)	:	11482.000
Límite inferior explosiv. (%)	:	3.000
Límite superior explosiv. (%)	:	100.000
Altura de la nube (ft)	:	15.000
Densidad a temp. proc. (g/ml)	:	0.887
Temperatura de ebullición (°C)	:	10.700
Temperatura del proceso (°C)	:	12.000
Volumen del proceso (gal)	:	59400.000

RESULTADOS

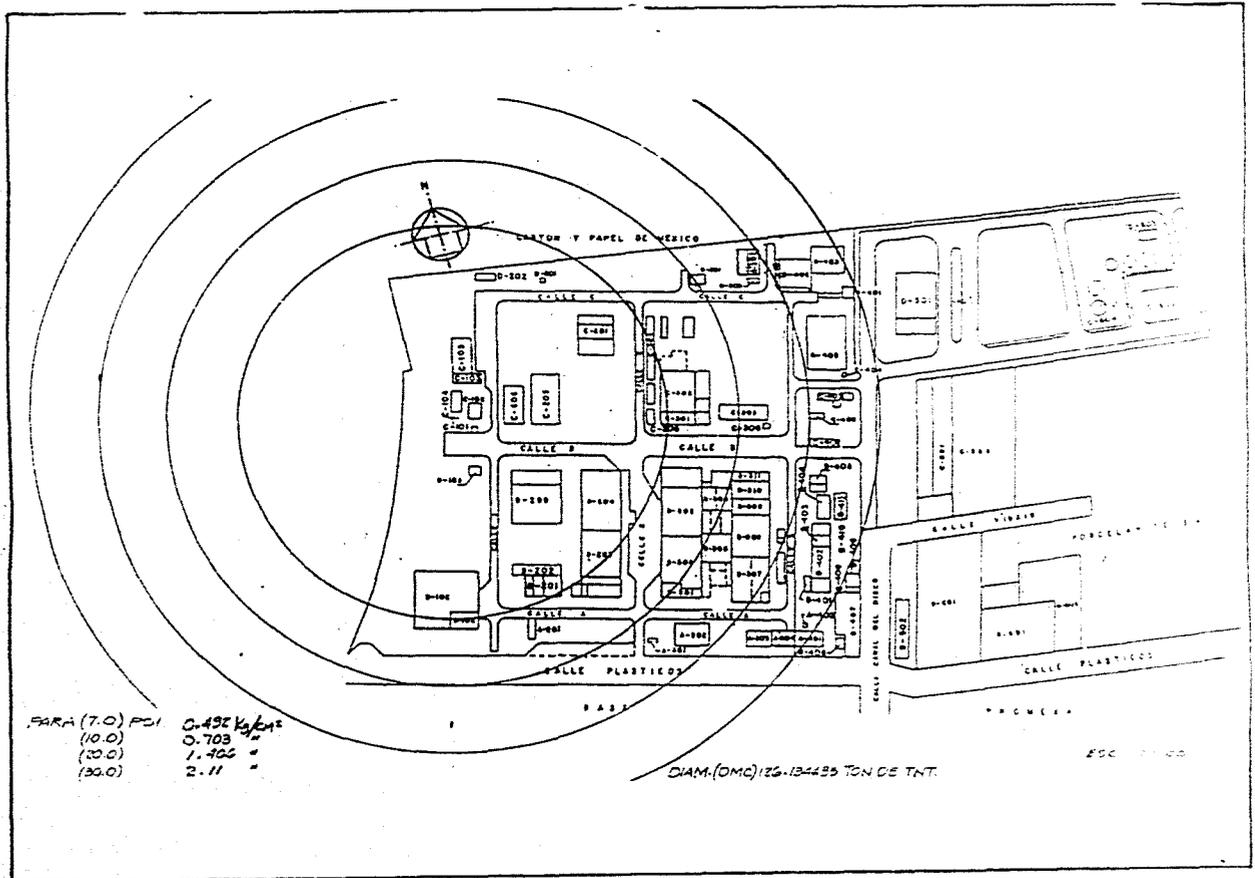
(WL) Peso del material líquido fugado :		439418.252 lb				
(W) Peso del material vaporizado :		439418.252 lb				
(V) Fracción de material en la nube :		0.515 %				
(D) Diámetro de la nube :		978.547 ft				
(Ed) Energía desprendida [DMP] :		25.226887 ton de TNT				
(Ed) Energía desprendida [DMC] :		126.134435 ton de TNT				
Para	[0.5]	PSI	Di m. [DMP]	1154.062 m	Di m. [DMC]	1973.418 m
	[1.0]			715.143		1222.877
	[2.0]			433.555		741.369
	[3.0]			357.571		611.439
	[5.0]			261.027		448.35
	[7.0]			214.543		368.863
	[10.0]			178.786		305.719
	[20.0]			143.923		248.104
	[30.0]			107.271		183.432

COMENTARIOS:



PARA (7.0) PSI 0.492 KG/CM² DIAM. (DMP) 25.226381 TON. DE TNT.
 (10.0) " 0.703 " TQ PFCC + HURVO + SUBMARINO.
 (20.0) " 1.406 "
 (30.0) " 2.11 "

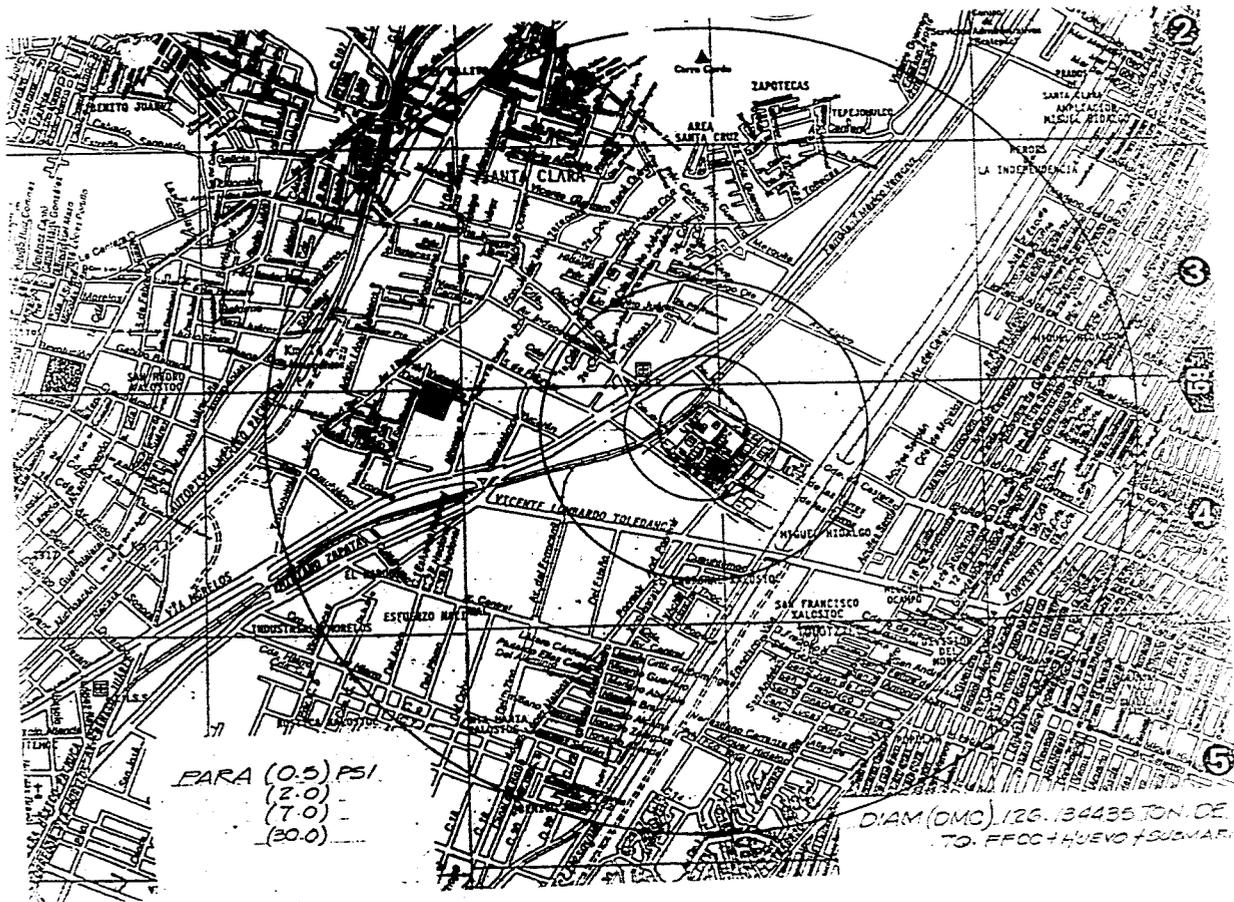
ESC 1:1000



PARA (7.0) PSI 0.45E K_{ST}²
 (10.0) 0.703 "
 (20.0) 1.466 "
 (30.0) 2.11 "

DIAM.(DMC) 126-134433 TON DE TNT.

ESC. 1/1000



PARA (0.5) PSI
 (2.0) -
 (7.0) -
 (30.0) -

DIAM (DMC) 126.134435 TON. DE TNT
 TO. FFOG + HUEVO + SUBMARINO

MODELO PARA LA DISPERSION DE FUGAS Y DERRAMES

ECOLOGIA - PROTECCION AMBIENTAL

DATOS

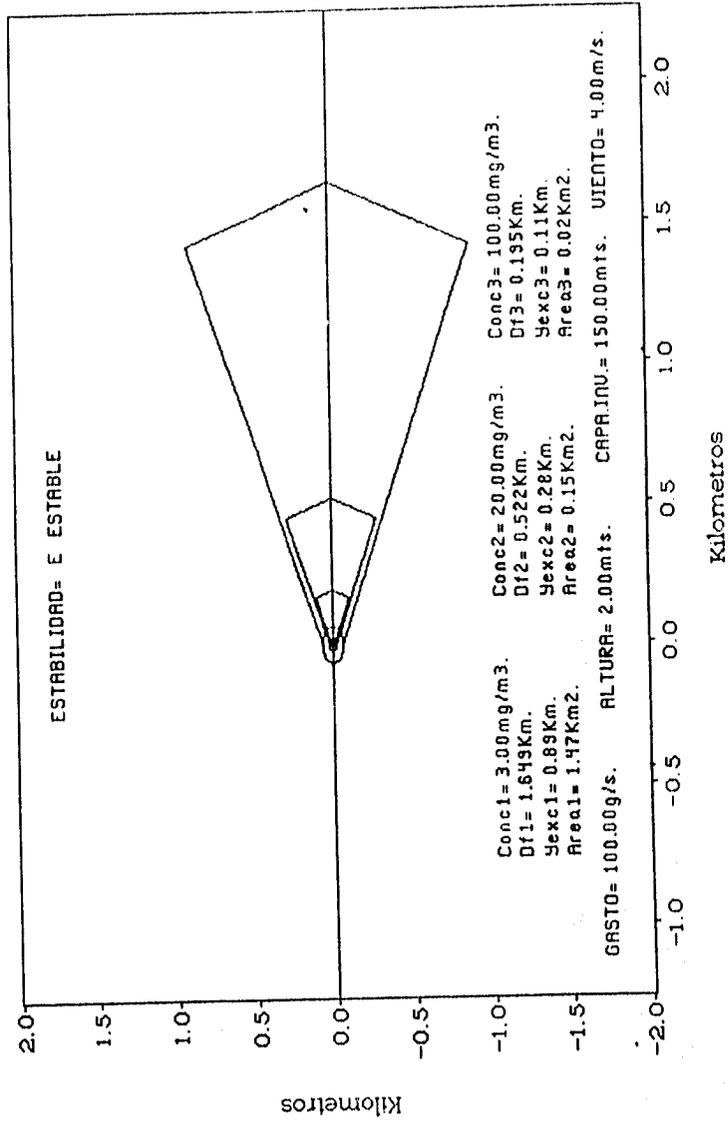
Fecha (dd/mm/año)	:	01/07/94
Lugar de emisión	:	Tanque A-201
Nombre de la sustancia	:	Oxido de etileno
Tipo de sustancia [A, B, C]	:	B Gas licuado por alta presión a baja temperatura
Gasto de la emisión	:	100.00 g/s
Altura de la emisión	:	2.00 mts.
Velocidad del viento	:	4.00 m/s
Clase de estabilidad	:	E (Estable)
Altura capa de inversión termica	:	150.00 mts.
Angulo de fluctuación	:	60

RESULTADOS

Concentración de interes (1):	3.00 mg / m3
Concentración de interes (2):	20.00 mg / m3
Concentración de interes (3):	100.00 mg / m3

COMENTARIOS:

OXIDO DE ETILENO



8. Medidas De Prevención y Mitigación

Ante el alto riesgo latente de manejar una sustancia como el óxido de etileno, se hace necesario contar con programas internos que contemplen la prevención, mitigación, auxilio y la vuelta a la normalidad ante la posible ocurrencia de una calamidad que genere un desastre.

Para tal efecto, se toma como base el Sistema Nacional de Protección Civil, con motivo del inicio de la implantación de los Programas Internos de Protección Civil a nivel municipal en todas las fábricas e industrias (basado en el "Programa Interno de Protección Civil" del Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México).

Se trata de contemplar los lineamientos generales que tienen como fundamento el establecer medidas y dispositivos de Protección Civil a través de procedimientos sistemáticos.

8.1 PROTECCIÓN CIVIL

Según los lineamientos Sistema Nacional de Protección Civil, cada empresa debe contar con un programa interno de protección civil debidamente calendarizado, el cual tiene un carácter normativo y operativo, que se subdivide en tres subprogramas:

PREVENCIÓN

AUXILIO

APOYO

8.2 SUBPROGRAMA DE PREVENCIÓN

Constituye el conjunto de medidas destinadas a evitar y/o mitigar el impacto destructivo que pudiera resultar de una calamidad que afecte a nuestro sistema, al personal que se encuentre en ella y a la comunidad que les rodea. Contando con el análisis de origen, causa, dinámica, efectos y regularización de los diferentes tipos de siniestros o desastres a que está expuesto.

8. Medidas De Prevención y Mitigación

Ante el alto riesgo latente de manejar una sustancia como el óxido de etileno, se hace necesario contar con programas internos que contemplen la prevención, mitigación, auxilio y la vuelta a la normalidad ante la posible ocurrencia de una calamidad que genere un desastre.

Para tal efecto, se toma como base el Sistema Nacional de Protección Civil, con motivo del inicio de la implantación de los Programas Internos de Protección Civil a nivel municipal en todas las fábricas e industrias (basado en el "Programa Interno de Protección Civil" del Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México).

Se trata de contemplar los lineamientos generales que tienen como fundamento el establecer medidas y dispositivos de Protección Civil a través de procedimientos sistemáticos.

8.1 PROTECCIÓN CIVIL.

Según los lineamientos Sistema Nacional de Protección Civil, cada empresa debe contar con un programa interno de protección civil debidamente calendarizado, el cual tiene un carácter normativo y operativo, que se subdivide en tres subprogramas:

PREVENCIÓN

AUXILIO

APOYO

8.2 SUBPROGRAMA DE PREVENCIÓN

Constituye el conjunto de medidas destinadas a evitar y/o mitigar el impacto destructivo que pudiera resultar de una calamidad que afecte a nuestro sistema, al personal que se encuentre en ella y a la comunidad que les rodea. Contando con el análisis de origen, causa, dinámica, efectos y regularización de los diferentes tipos de siniestros o desastres a que está expuesto.

8.2.1 Organización

Esta función contempla la adecuación del reglamento interior, contrato colectivo u ordenamiento jurídico correspondiente, a fin de incluir las acciones de Protección Civil de manera formal, y ubicar a la unidad interna dentro de la estructura organizacional de la dependencia, dándole así permanencia y solidez.

Cada dependencia u organismo deberá formalizar la creación de la unidad interna, mediante el levantamiento y suscripción de un acta constitutiva en donde se designe al representante o titular, a los representantes de piso y a las brigadas.

Por lo que respecta a la integración de las brigadas, es conveniente considerar como criterio básico, el contar con cuatro tipos:

- ◆ De prevención y combate de incendios
- ◆ De primeros auxilios
- ◆ De evacuación de inmuebles, y
- ◆ De búsqueda y rescate

8.2.2 Formación De Brigadas

8.2.2A Definición

Son grupos de personas organizadas y capacitadas en una o varias operaciones de protección civil. Se integran con la finalidad de coadyuvar a la salvaguarda de las personas, los equipos y acervo documental existente en el interior de los inmuebles ocupados por las dependencias u organismos.

8.2.2B Integración:

Responsable del inmueble. Encargado de coordinar las acciones de capacitación y adiestramiento de los jefes de piso y los brigadistas, así como de realizar el manejo operativo interno ante una situación de emergencia.

Jefe de piso. Es quien coordina a los brigadistas del piso que le corresponda.

Brigadistas. Son quienes desempeñan actividades específicas de protección civil antes, durante y después de la situación de emergencia. El número de brigadistas se determina en proporción de uno por cada diez personas.

8.2.2C Equipo para brigadistas:

De prevención y combate de incendios

- Chaquetón y pantalón de bombero.
- Casco con careta de plástico de alto impacto.
- Guantes.
- Botas.
- Equipo de aire autónomo.
- Hacha.
- Lámpara sorda.

De primeros auxilios

- chaleco identificador.
- Casco o cachucha.
- Lentes protectores.
- Botas.
- Brazalete.
- Botiquín portátil d primeros auxilios.
- Camilla.

De evacuación de inmueble

- Chaleco identificador.
- Cachucha.
- Brazalete.
- Lámpara sorda.
- Silbato.

De búsqueda y rescate

- Overol.
- Casco.
- Lentes protectores.
- Botas.
- Guantes.
- Brazalete.
- Pico y pala.
- Hacha.
- Barreta.
- Lámpara sorda.
- Silbato.

8.2.3 Formulación del programa interno

Es el desglose de actividades específicas, la calendarización de las mismas, la designación de responsables, la determinación de la periodicidad de reuniones de evaluación, así como la elaboración de los informes de cumplimiento correspondientes.

8.2.4 Análisis de Riesgos

Esta función se refiere a una vertiente, a la concurrencia del responsable del inmueble, jefe de piso y brigadistas, quienes de manera colegiada deberán proceder a la identificación de los riesgos a que está expuesto el inmueble internamente, así como a las condiciones generales del mismo.

La segunda vertiente se refiere a la identificación de los riesgos a la que está expuesta la zona donde se ubica el inmueble, y que puede incidir en el mismo. Se estima pertinente revisar las estadísticas de los fenómenos destructivos de mayor incidencia en el lugar, ocurridos por lo menos en los últimos cinco años.

La identificación de Riesgos es una tarea directamente relacionada con cada uno de los cinco grandes grupos de agentes perturbadores: geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitarios, y socio-organizativos. Estas actividades dan paso a la preparación de planes contra cada uno de estos agentes.

Entre los *fenómenos destructivos* que integran estos cinco grupos y que afectan directamente al sistema se comprenden los siguientes:

Fenómenos geológicos: sismos, erupciones volcánicas, hundimiento regional.

Fenómenos hidrometeorológicos: huracanes, inundaciones, tornados.

Fenómenos sanitarios: Epidemias, plagas.

Fenómenos socio organizativos: Asaltos, interrupción de servicios, accidentes de trabajo, fugas de gases, sustancias sólidas o radiactivas, desechos líquidos o sólidos.

8.2.4A Fenómenos geológicos

De los fenómenos, la sismicidad, el vulcanismo y el hundimiento regional adquieren particular importancia ya que abarcan la zona de nuestro inmueble.

Sismicidad

Sismo o temblor, es la propagación de ondas a través de las rocas que constituyen nuestro planeta. Dichos terremotos ocurren por el rompimiento abrupto de las rocas como consecuencia de las fuerzas de tensión o compresión a que están sujetas. Estos rompimientos ocurren a lo largo de superficies, en las cuales las rocas se deslizan una con respecto a otras. Tales superficies se conocen como fallas geológicas.

Parámetros sísmicos. Los sismos se manifiestan como movimientos ondulatorios violentos del suelo, que se propagan en sentido horizontal y vertical. Se originan en un foco o epicentro en el interior de la corteza terrestre o en puntos aun más profundos, cuya proyección sobre la superficie terrestre se denomina epicentro o epifoco. El foco marca el punto en que se inicia el proceso de ruptura. Conforme se desarrolla la ruptura de la falla, la región focal puede extenderse sobre un área considerable.

Vulcanismo

El transporte de los materiales terrestres desde el interior del planeta hasta la superficie, da origen al fenómeno conocido como vulcanismo. Las erupciones volcánicas consisten esencialmente en la salida de materiales terrestres (magma) a través de un conducto o fisura en la corteza del planeta.

Erupciones volcánicas.

Se han clasificado los tipos o estilos de erupción utilizando para la nomenclatura, erupciones típicas o de volcanes típicos.

Los productos y efectos de las erupciones volcánicas son:

- 1) Flujo de lava, mezcla de silicatos y gases.
- 2) Flujo de piroclastos. El riesgo solo puede disminuirse por evacuación de la población.
- 3) Oleadas de piroclastos la proporción de gases es mayor que la de los sólidos.
- 4) Materiales aéreos y lluvia de ceniza, a velocidades de varios cientos de Km/h.
- 5) Avalancha de detritos, se presenta cuando parte del edificio volcánico es fracturado.
- 6) Flujos de lodo o lahares, son mezclas de agua y detritos que se originan en un volcán.
- 7) Incendios, tanto de lluvia de cenizas como los flujos y oleadas de piroclastos.
- 8) Gases y lluvias ácidas, las magmas contienen gases en solución que son liberados.

Hundimiento Regional

Fenómeno geológico caracterizado por la dislocación de la corteza terrestre que da lugar a la remoción en sentido vertical de fragmentos de la misma, originada primordialmente por la pérdida de agua del subsuelo.

8.2.4B Fenómenos hidrometeorológicos

El fenómeno hidrometeorológico que mas afecta a nuestro sistema es inundación.

Inundación

Se considera inundación al flujo o a la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionada por falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial. En general, la magnitud de una inundación provocada por calamidades de origen meteorológico, depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el espacio y el tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas así como de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas.

8.2.4C Fenómenos Químicos**Incendios y explosiones**

Los incendios y explosiones son fenómenos comúnmente asociados, ya que uno puede generar al otro. El incendio es la ignición no controlada de materiales inflamables y explosivos tanto en las instalaciones de la industria y el comercio, como en las viviendas, dado el uso inadecuado de combustibles, fallas en instalaciones eléctricas defectuosas, y el inadecuado almacenamiento y traslado de sustancias peligrosas, ya sea como materia prima o como productos terminados.

Las explosiones se definen como una liberación súbita y violenta de energía que para su ocurrencia requiere de productos explosivos tales como sustancias químicas, gas, combustibles, etc. y de la acción de un detonador como temperatura, fuego, presión, choque u otro.

8.2.4D Fenómenos Sanitarios

Epidemias

La epidemia es un fenómeno masivo en una comunidad, país o región, en la cual se transmite una enfermedad desde una fuente de infección, a un gran número de individuos en corto tiempo, que claramente excede la incidencia normal esperada. Existen dos mecanismos principales para generar una epidemia: por contagio, este es, cuando el virus o bacteria se transmite por aire, agua o alimentos; y por inoculación, por vía de mosquitos y otros animales o medios físicos.

8.2.4E Fenómenos Socio-Organizativos

Interrupción de los servicios y sistemas vitales

Se presentan cuando las ciudades se ven afectadas por fenómenos naturales como terremotos, huracanes, lluvias torrenciales, granizadas, etc., que provocan algún daño en los sistemas de suministro de servicios: energía eléctrica, telecomunicaciones, abasto, agua potable y alcantarillado, principalmente. Por otra parte, este tipo de fenómenos puede surgir también como una acción específica o dirigida por el hombre como producto de una concentración masiva de población, como resultado de una conducta antisocial, o como efecto de un descuido o negligencia en la operación de los sistemas de referencia.

Concentraciones masivas de la población

Las concentraciones masivas de la población organizadas como actividades específicas de diversa índole, como eventos políticos, deportivos, manifestaciones, huelgas, carnavales, fiestas regionales, conciertos musicales, visita de figuras de renombre mundial y otros, representan un riesgo porque pueden llegar a generar algún desastre si no se dan las condiciones de seguridad necesarias para su realización tales como: organización, lugares apropiados en cuanto a capacidad, servicios de seguridad, construcción adecuada, etc.

Como complemento de la identificación de riesgos del inmueble el subprograma de prevención debe contar con los procedimientos bien definidos de las normas de seguridad, con un programa de mantenimiento específico para las diferentes instalaciones del inmueble, con una definición del equipo de seguridad que debe ser instalado en el y con la estrategia de señalización tanto de zonas, accesos y equipo que deberán ser identificados por el personal propio y ajeno del inmueble en una emergencia.

8.2.5 Directorios e inventarios

Como apoyo al programa interno de protección civil, el responsable en cada inmueble, deberá desarrollar los mecanismos conducentes a la elaboración de los directorios e inventarios de personas, grupos e instituciones y recursos materiales útiles en el caso de una emergencia.

Deberá contar, en primera instancia, con el directorio previamente actualizado del personal brigadista del inmueble, así como de las instituciones o grupos externos especializados (cruz roja, bomberos, unidad de protección civil municipal, etc.) que le puedan prestar ayuda en caso necesario. Por otro lado, deberá identificar las instituciones y establecimientos de atención médica mas cercanos a su inmueble. De la misma forma el responsable del inmueble deberá contar con un inventario de recursos materiales que, en caso de una emergencia, pueda ser utilizado tanto por las brigadas de emergencia interna, como por los grupos especializados de ayuda externa, los cuales previamente, deberán estar en condiciones adecuadas de operación.

8.2.6 Señalización

Todos los inmuebles e instalaciones deberán contar con la señalización adecuada y suficiente, colocada en lugares estratégicos y visibles al público en general, de acuerdo al tipo de actividades que se desempeñe. Dicha señalización debe indicar accesos, salida, circulación, zonas restringidas, equipo de seguridad, zonas de concentración para casos de emergencia o simulacros y rutas de evacuación, carteles con lineamientos para dirigir el comportamiento del personal y el público ante situaciones de emergencia colocados, en áreas estratégicas.

La señalización debe ser comprensible utilizando símbolos, señales y marcas de tal manera que sean de fácil interpretación por cualquier persona en colores adecuados para tal objetivo.

8.2.7 Mantenimiento

En cada inmueble se deberán implantar programas de mantenimiento específicos por tipo de instalación ya que, en ausencia de estos, se ha llegado a presentar una serie de fallas en los distintos sistemas, las cuales han ocasionado siniestros de una magnitud considerable. Entre estos destacan los incendios ocasionados por el descuido en las instalaciones eléctricas y las sobre cargas de estos.

Los programas de mantenimiento deberán comprender el de las instalaciones eléctricas, específicamente lámparas, contactos, tableros de control, aire acondicionado, elevadores, plantas de luz de emergencia., etc.

En el aspecto de instalaciones hidráulicas deberá establecerse un servicio de mantenimiento integral a tuberías de agua, sanitarios, cisternas, tinacos.

El rubro de comunicaciones comprenderá teléfonos, telex, radios o redes de intercomunicación interna, etc.

Por lo que respecta al equipo de seguridad, se tendrá especial cuidado de mantenerlo bajo óptimas condiciones de funcionamiento, ya que es el equipo que, en una contingencia, debe rendir con eficacia su función y debe estar en aptitud de uso cuando así se requiera.

Dicho equipo podrá comprender lo relativo a hidrantes, mangueras, "extintores", "alarmas" o detectores, entre otros, es necesario explicar en estos casos se hace mención al equipo contra incendios, principalmente por ser las contingencias que con mayor frecuencia se presentan sin embargo, y como resultado del análisis de los riesgos a los que esta expuesta la instalación, se deberá incluir el equipo integral adecuado y por ende, al mantenimiento necesario de estos en cada inmueble.

En el aspecto relativo a instalaciones de gas, en los inmuebles que cuentan con este tipo de servicio, se deberá incluir el inventario y mantenimiento de los depósitos, tuberías, cocinetas, etc. En otro aspecto, se integrará el programa de mantenimiento de la "Señalización del inmueble", con el fin de que permanentemente se cuente con las indicaciones correspondientes y se puedan orientar en el interior del mismo.

8.2.8 Normas de seguridad

En cada inmueble, atendiendo a las características de su tipo y a las modalidades de su uso, se deberán aplicar normas de seguridad que permitan reducir al mínimo la incidencia de riesgos.

Algunas disposiciones mínimas que podrían implantarse en cada inmueble son de manera genérica y a título enunciativo, las siguientes:

- Contar con elementos de seguridad para que visiten los accesos de personal y los vehículos, así como el inmueble mismo.
- Disponer en días laborales y de asueto de un sistema de control sobre el acceso de personal, propio y ajeno, al inmueble mediante el uso de gafetes y distintivos.
- Controlar el acceso de vehículos a las instalaciones.
- Controlar el uso de aparatos e instalaciones eléctricas para minimizar la ocurrencia de cortos circuitos, originados por la sobrecarga de las instalaciones eléctricas, debido a que estos constituyen una de las principales fuentes de siniestros en oficinas administrativas, es necesario reglamentar el uso de aparatos y el manejo de los controles de energía eléctrica (tableros de carga), de las instalaciones en general y del equipo de emergencia, que deberá también normar el uso adecuado de los elevadores para evitar su deterioro.
- Establecer un control estructural de espacios físicos, en el aspecto estructural del inmueble y de los espacios físicos; se deberá regular el uso adecuado de ellos, si están diseñados exprofeso, se vigilará que su uso y destino respondan a las necesidades de su diseño, en el caso de inmuebles acondicionados, se deberá normar de la mejor forma el aprovechamiento y uso de los espacios físicos.
- En las áreas de circulación verticales (escaleras) y horizontales (pasillos), accesos, entradas y salidas de emergencia, es necesario vigilar que estas permanezcan libres y que no se concentre en ellas mobiliario en desuso o materiales que impidan la libre circulación en caso de presentarse una emergencia o de realizarse algún simulacro.
- Controlar el manejo de sustancias peligrosas, en caso de que en el inmueble se maneje sustancias peligrosas se deberán implantar normas para su uso, transporte y almacenamiento, dichas sustancias solo podrán ser manejadas por el personal debidamente capacitado y autorizado.

8.2.9 Equipo de seguridad

En cada inmueble deberá instalarse el equipo de seguridad requerido para enfrentar una contingencia motivada por el tipo de riesgo a que está expuesto, lo anterior deberá ser una consecuencia del análisis e identificación de los riesgos del inmueble, realizado en el subprograma de prevención.

Por otra parte, y derivado de la presencia frecuente de incendios, se recomienda la instalación, según lo demande el inmueble, del equipo propio para estas emergencias cuyos elementos más importantes son: extintores adecuados para cada tipo de fuego (A,B,C); red de hidrantes, que consta de gabinete, manguera, chiflón, válvula, y llave de acoplamiento; detectores que son dispositivos automáticos que reportan, mediante alarmas, la presencia de calor de humo, y los sprinklers o aspersores, que son dispositivos que con la temperatura se activan y rocían el área con agua.

Otro aspecto relevante es el equipo para brigadistas que debe existir en cantidad adecuada y suficiente para realizar las acciones que se les encomienden, este equipo debe colocarse en gabinetes localizados estratégicamente en el interior del inmueble en zonas seguras y de fácil acceso, y puede contar, con cascos, guantes, botas, trajes, hachas, palas, picos o lamparas sordas, entre otros.

Por otra parte se debe contar con botiquines de primeros auxilios de acuerdo a las necesidades del inmueble o de las condiciones de la región, lo anterior deberá instalarse en aquellos inmuebles que carecen de servicios médicos.

Otro aspecto importante es la instalación de una red interna de emergencia la cual puede funcionar con los teléfonos comerciales instalados, con redes de comunicación interna o redes de radios inalámbricos (walkie-talkie), que deberá conocer para su uso el personal brigadista para los casos de emergencia, de conformidad con los procedimientos de alertamiento previamente realizados en el subprograma de auxilio.

En caso necesario si así se requiere, complementar el equipo con la instalación de un circuito cerrado de televisión.

Dependiendo de las características del inmueble se debe contar con escalera y/o salidas de emergencia. Se deben instalar en lugares estratégicos alarmas eléctricas y manuales, que en ausencia de energía eléctrica puedan operarse por el personal brigadista, y puedan también ser empleadas en ejercicios y simulacros.

En congruencia en características del inmueble y con la cantidad del personal que en el labore se instalaran planta de luz y/o emergencia.

8.2.10 Capacitación

Cada uno de los inmuebles debe contar con un programa de capacitación dirigido principalmente al personal brigadista del propio inmueble. En este programa se define los tipos de cursos que se requiere, tomando en cuenta la identificación de los riesgos a que está sujeto el inmueble, lo cual se habrá desarrollado previamente. El programa de capacitación debe tener una calendarización tal que permita dar el entrenamiento constante al personal brigadista en las áreas que se consideren como prioritarias.

8.2.11 Difusión y Concientización

Es la elaboración de material impreso como son posters, carteles, folletos, trípticos, boletines, revistas, gacetas, circulares o cualquier otro medio, así como material grabado (videos, cassettes, etc.), con los cuales se pueden difundir entre el personal del inmueble las medidas preventivas o de actuación en caso de que se presente algún contingente en el interior del inmueble. Este material deberá ser lo más claro posible y de fácil manejo, tratando de conseguir un equilibrio entre el lenguaje escrito y el lenguaje gráfico, en colores que faciliten e impacten al personal, por otra parte se deberá hacer mención en este de los riesgos derivados de la incidencia de los distintos fenómenos que se presentan en la región y en el inmueble mismo.

En otro aspecto, y como parte complementaria de la difusión, se deberá implantar platicas o conferencias de concientización al personal que labora en cada inmueble acerca de los riesgos a los que está expuesto; estas platicas podrán ser impartidas por el personal brigadista que previamente sea capacitado o por grupos o asociaciones especializadas, y registrados previamente en protección civil.

8.2.12 Ejercicios y Simulacros

En cada inmueble se deben desarrollar ejercicios y simulacros los cuales se harán empleados y previamente estudiados con fundamento en el análisis de riesgos a los que está sujeto el inmueble.

Para la realización de estos ejercicios se deberá elaborar distintos documentos con escenarios hipotéticos en los que se determinen y simulen situaciones posibles generadas por diferentes fenómenos destructivos con características en los que los daños hipotéticos puedan ser parciales o totales. Dichos simulacros podrán ser de gabinete operativos de hora determinada o indeterminada, de previo aviso, o sin e, de comunicación para el alertamiento, utilización parcial en lugares previamente determinados como áreas seguras, etc. Las acciones realizadas en estos ejercicios tendrán que desarrollarse, de acuerdo con los planes de emergencia y procedimientos meteorológicos previamente elaborados para cada siniestro o desastre específico y deben tener personal cuya función sea la de observación, a fin de evaluar dicho evento, para con ello corregir las desviaciones que puedan servir de manuales y así disponer de una mejor capacitación y de una menor incurrencia en faltas, en caso de presentarse un evento real.

8.3 SUBPROGRAMA DE AUXILIO

Es el conjunto de actividades destinadas principalmente a rescatar y salvaguardar a la población que se encuentre en peligro, a mantener en funcionamiento los servicios y equipamiento estratégicos, la seguridad de los bienes, y el equilibrio de la naturaleza. Su instrumento operativo es el plan de emergencia que funcionará como respuesta ante una calamidad; asimismo, comprende el desarrollo de funciones de alertamiento y evaluación de daños.

8.3.1 Alertamiento

Esta función define con toda claridad el nombre y ubicación del responsable y suplentes de los operativos en el inmueble, previendo la más amplia difusión entre el personal, a efecto de que quien detecte la presencia o proximidad de una calamidad, la reporte de inmediato; debe prever asimismo, el establecimiento y difusión entre los funcionarios y empleados del sistema de alertamiento, para el que se podrán utilizar, alternativa o complementariamente, sirenas, timbres, campanas, luces o altavoces.

8.3.2 Plan de emergencia

Determina el proceso regulador, es decir, las actividades, procedimientos y acciones destinadas a la protección inmediata del personal y del inmueble. El plan debe considerar la designación de un responsable general y su suplente, perfectamente identificados por los jefes de piso y sus suplentes, así como por los brigadistas y el personal de la dependencia u organismo; el establecimiento de un centro de comando debidamente identificado e intercomunicado para emergencias, que tenga bajo su responsabilidad la coordinación de la ejecución de las operaciones, así como de las actividades a cargo de las brigadas y de las organizaciones de emergencia participantes y la evaluación de la situación de emergencia.

El objetivo básico de este plan es la puesta en marcha y de la coordinación del operativo de emergencia, en función de la calamidad causante, los recursos y los riesgos contemplados.

8.3.3 Evaluación de daños

Se debe contar con los mecanismos que permitan determinar la dimensión del desastre en cuanto a: la estimación de pérdidas humanas y materiales, las necesidades que debe satisfacerse y la determinación de posibles riesgos subsecuentes, el conocimiento real de la situación que se va a atender permitirá la intervención de las brigadas, previamente capacitadas para dar el auxilio oportuno, y en caso de que estas sean rebasadas por el desastre, de las organizaciones y grupos de ayuda mutua.

8.3.4 Vuelta a la normalidad

Comprende todas aquellas actividades a desarrollar para restablecer las condiciones normales de operación del inmueble, después de haber sido impactado por la presencia de algún desastre, implica la rehabilitación de las áreas dañadas y el aprovisionamiento de aquellos elementos necesarios para reanudar el adecuado funcionamiento del centro de trabajo que fue dañado por el fenómeno destructivo.

Se deberá proceder a la revisión, por parte de especialistas, de las estructuras de la edificación, particularmente si la misma revistiera daños aparentes. Una vez habiendo concluido la revisión física del inmueble, y verificado que se encuentre en condiciones de uso seguro, el responsable del inmueble dará la autorización para que el personal, bajo la guía del jefe de piso correspondiente, así como de las brigadas, retorne a su lugar.

8.4 POSIBLES CALAMIDADES EN EL AREA

8.4.1 Escenario

El escenario es el área de almacenamiento de una planta de etoxilación, misma que es parte de un complejo industrial ubicado en Santa Clara - Ecatepec.

Ubicación: Municipio de Ecatepec, localizado en la porción noroeste del Edo. de México, limita al norte con el municipio de Tecamac, al sur de Netzahualcóyotl y Tlalnepantla, al este con Atenco y Acolman y al oeste con Coacalco y el D.F.

Características Geológicas: Las formaciones geológicas comprendidas en el municipio datan del cenozoico, en la parte oeste abundan las rocas ígneas extrusivas del terciario; al noroeste se extiende una pequeña zona de rocas sedimentarias clásicas del terciario; en la parte centro y este predominan los suelos de origen aluvial del cuaternario.

Características Hidrológicas: El municipio se forma de la Región Hidrológica 26, Cuenca D. dado que no existen ríos, ni arroyos del caudal permanente, se tiene como recurso hidrológico el arroyo intermitente de San Andrés de la Cañada, localizado al suroeste del área municipal; el municipio cuenta con canales de aguas negras entre los que destaca el Río de los Remedios y el Gran Canal de Desagüe.

Nº de empleados en el complejo: 450 obreros, 50 empleados, 300 contratistas, 40 visitantes en promedio

Turnos: Tres turnos de trabajo con una operación los 365 días del año.

Áreas del complejo: Ocho plantas de producción, planta de tratamiento, almacenes, laboratorios de control de calidad, oficinas generales, vestidores, comedor, 1 cisterna, área de residuos peligrosos.

8.4.2 Identificación

De acuerdo a datos estadísticos históricos se tiene la siguiente tabla.

CALAMIDADES	VULNERABILIDAD
Lluvias o Huracanes	Bajo
Tormentas de granizos	Nulo
Inundación	Bajo
Temperaturas extremas	Nulo
Sequía	Nulo
Tormenta eléctrica	Medio
Viento	Nulo
Sismo	Alto
Vulcanismo	Bajo
Colapso de Suelos	Bajo
Hundimiento Regional y agrietamiento	ALTO
Contaminantes	Medio
Envenenamiento	Bajo
Incendio	MUY ALTO
Explosión	MUY ALTO
Radiación	Nulo
Epidemia	Nulo
Plaga	Nulo
Crecimiento explosivo de población	ALTO
Falla humana	Medio
Disturbios sociales	Medio
Actos delictivos, sabotaje y terrorismo	Bajo
Accidentes Mayores	Bajo
Acción bélica	Nulo
Drogadicción, alcoholismo, actos de locura	Nulo
Efectos negativos producidos por la operación actual de servicios	Bajo
Interrupción de servicios	ALTO

Por lo tanto se tiene alta vulnerabilidad a las siguientes calamidades.

1. Sismo
2. Hundimiento regional
3. INCENDIO
4. EXPLOSIÓN
5. Interrupción de servicios

8.4.3 Descripción

- Sismo

Según datos estadísticos, en los últimos 5 años se han registrado 9 sismos en el municipio.

Hundimiento regional:

En los últimos 10 años el área productiva (10 edificios) han tenido que ser recimentados debido al hundimiento de éstos. El historial de la compañía nos indica un hundimiento aproximado de 2 pulg/año.

* 1993 Una planta cercana tuvo una ruptura estructural debido al problema anteriormente expuesto.

* 1994 El gobierno del Estado de México, vía municipio de Santa Clara Ecatepec, realizó un rediseño del drenaje de la zona debido a rupturas en el mismo.

- Explosión

Dentro del complejo se tiene un récord de 3 explosiones en 20 años (por sobrepresiones en algún reactor del proceso). Este tipo de calamidad deja al área o por lo menos a una de sus partes, en estado de desastre.

- Interrupción de Servicios

Situación anómala que ocurre cuando la comunidad se ve afectada por la suspensión o disminución de funciones en un sistema de servicios. Por ejemplo, la suspensión en el suministro de agua potable, energía eléctrica, transporte, abasto, etc.

El complejo cuenta con un departamento de servicios operando generalmente al mismo ritmo de las áreas de producción. Sin embargo a veces hay fallas en el suministro de energía eléctrica por parte del municipio, lo que podría traer consecuencias fatales en los procesos.

8.4.4 Descripción del fenómeno de producción de una calamidad

SELECCIÓN: Hundimiento Regional

DEFINICIÓN: En punto 8.2.4A

UBICACIÓN ESPECIFICA: Zona de tanques

MECANISMO DE PRODUCCIÓN

a) Preparación

- * El nivel freático se encuentra a 5 m de profundidad
- * Ausencia de abastecimiento de agua municipal
- * Necesidad de un elevado consumo de agua municipal
- * Reciclaje no óptimo del agua
- * Peso excesivo de las construcciones
- * Tipo de suelo débil (glutitas, areniscas y conglomerados)
- * Ubicación de los tanques.

b) Iniciación

- Extracción indiscriminada del agua.

c) Desarrollo

- Dislocación y reacomodo de la corteza terrestre.

d) Traslado

- Remoción en sentido vertical de fragmentos de la corteza terrestre a través de la zona de nuestro sistema afectable.

e) Producción del impacto

- Hundimiento produciendo agrietamientos, rupturas, fallas, que a su vez traerían consecuencias como fuga del material y posible fuego y explosión.

8.5 MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

Como el riesgo más alto es el de fuego y explosión, se darán las medidas preventivas, administrativas y condiciones técnicas a cumplir.

8.5.1 Preventivas

- Zona restringida, limitar el tránsito al personal ajeno.
- Juntas de flexitallic o Klingerit tipo royal en todos los casos y bridas de lengüeta y ranura.
- Diques y campanas para el control de fugas.
- Los rociadores deben operar en forma automática, manual y a control remoto actuados por detección de gases.
- Dispositivos de seguridad: manómetros, indicadores de presión, temperatura, volumen y venteos. revisión cada 6 meses y asentar en una bitácora por el departamento de mantenimiento.
- Selección de equipo y materiales adecuados a prueba de explosión.
- A los venteos instalar arrestadores de flama.
- Entrenamiento de emergencia al personal.
- Limpieza a tanques de almacenamiento.
- Mantener comunicación con Ferrocarriles Nacionales y Pemex para la conservación de vías y arrastre de unidades para casos de emergencia.
- Disponer de agua suficiente para la dilución en un caso de derrame y prever la eliminación de éste.
- Control de carros tanque en los límites de la planta.

8.5.2 Administrativas

- Tarjeta de urgencia de OE
- Plan de emergencia
- Bitácora de instrumentos de control y de seguridad para los recipientes sujetos a presión *
- Bitácora de pruebas de recipientes sujetos a presión
- Control administrativo general del OE.
- Orden de autorización para conectar y desconectar mangueras en carro tanque
- Procedimiento de control en la descarga.
- Auditoría de seguridad *

8.5.3 Condiciones Técnicas

- Aislamiento térmico de espuma de vidrio o lana de vidrio en tanques de almacenamiento y tuberías de suministro.
- Sistema de enfriamiento continuo con salmuera.
- Tanque de almacenamiento, capacidad máxima de llenado 80% en volumen con corte automático en el llenado.
- Temperatura máxima de almacenamiento: 15°C.
- Mangueras flexibles de inoxidable con bridas flotantes para conectar al carro-tanque, efectuar pruebas hidrostáticas una vez al año o cambiarlas.
- Pruebas de explosividad en el domo a carros tanque al entrar a la planta.
- Presión máxima en la descarga 2.4 a 3.5 kg/cm².
- Interbloques para cortar suministro de OE en caso de fuga del carro tanque al tanque de almacenamiento.
- Venteos conectados a tanque lavador para dilución de los gases de OE.
- Conexión a tierra del tanque de almacenamiento, equipos de proceso y líneas de suministro del OE.
- Pararrayos en las áreas de almacenamiento y proceso.
- Switch general de emergencia.
- Cuarto de control de instrumentación, presión positiva de aire.
- Suministro de agua de enfriamiento conectado a un sistema automático.

* Son revisiones bimestrales, las demás son anuales.

9. Conclusiones

La gran reactividad del Óxido de Etileno, OE y su naturaleza exotérmica (riesgo alto y grave respectivamente), se deben a la facilidad de apertura de su anillo de tres átomos que está sometido a una gran tensión en sus enlaces, el cual confiere propiedades fuertemente polares. Además del riesgo de daño a la salud considerable, es listado por varias organizaciones de salud y seguridad como un cancerígeno potencial (no totalmente comprobado), lo cual aumenta el riesgo de enfermedad ocupacional. Ver capítulo 2.

Por esas características, el material se clasifica como peligroso y cualquier actividad que tenga que ver con él exigirá un tratamiento especial en todos sentidos. Dicho tratamiento especial es el desarrollo de procedimientos para cada movimiento que se lleve a cabo.

El OE puede ser manejado y almacenado sin riesgo siempre y cuando los procedimientos y prácticas adecuadas se sigan estrictamente. De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación del daño que produciría una explosión (capítulo 8), se hace muy necesario que las áreas designadas para el almacenamiento estén localizadas en una zona prácticamente aislada de edificios, zonas de proceso y viviendas, debiendo ser de fácil acceso para el combate contra incendios. El uso del equipo de protección personal es de vital importancia en casos de emergencia así como el mantenimiento que se les debe dar después de cada uso. Su transportación solamente debe efectuarse en carro tanques equipados apropiadamente para manejar gases a presión, debiendo verificar que cada uno de los recipientes cumpla con los requisitos establecidos y aprobados antes y después de ser cargados, para así asegurar la disminución de los riesgos, si no cumple con todo lo establecido en el procedimiento se debe notificar a Pemex Petroquímica y a FNM. Ver capítulos 3, 4, 5 y 6.

Actualmente no se puede dejar de pensar en la seguridad cuando se trata del manejo de una sustancia peligrosa como es el caso del óxido de etileno, ya que el no hacerlo traería consecuencias fatales como pérdida de bienes materiales, daño al medio ambiente, y sobre todo, lo que es más significativo, pérdida de vidas humanas.

Lo anterior quedó de manifiesto en los resultados de la simulación de varios casos donde se evaluó el daño probable que ocasionaría una fuga, derrame o explosión con este material.

El objetivo principal de Calidad Integral en la industria química en materia de seguridad es "Salvaguardar la integridad física del personal, de la empresa y de sus alrededores (medio ambiente). Es por eso que se hace necesario que la industria invierta cantidades considerables de recursos que con el tiempo reeditarán en la tranquilidad de haber minimizado el alto riesgo y haber cumplido el objetivo anteriormente señalado. Estos recursos, como se mencionó en el capítulo de Prevención y Mitigación, servirán para evitar alguna situación de emergencia con el material durante todas las operaciones que impliquen el manejo del material (transporte, carga, descarga, almacenamiento) y saber exactamente como actuar durante y después de que ocurra la emergencia.

Este trabajo abarcó tan solo una parte de lo que es el Análisis de Seguridad en Procesos, cuyo desarrollo de una manera más profunda, pudiera ser el tema específico de otro trabajo. Aquí se trató de dar un panorama general de lo que es la seguridad en el manejo del material, que como se ha podido constatar, se requiere de una gran cantidad de recursos difíciles de desarrollar por una sola persona, haciéndose muy necesario entonces, el trabajo en equipo.

10. Bibliografía

☞ Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS):

- Cameo Chemical Report, 1994
- Canadá CC OHS Union Carbide, 1992
- Canadá WC CC OHS Dow Chemical
- OHS 09520 Ethylene Oxide

☞ Norma Oficial Mexicana NOM-114-STPS-1994, Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo
Diario Oficial de la Federación, martes 30 de enero de 1996.

☞ Ethylene Oxide
Product Information Bulletin
Union Carbide Corporation, Industrial Chemical Division, 1994.

☞ Química Orgánica
Morrison y Boyd
Capítulo 14, 1994.

☞ Encyclopedia of Chemical Processing and Design
McKetta J., vol. 20, 1986.
Marcel Decker, Inc. N.Y.

☞ Encyclopedia of Chemical Technology
Kirk Othmer, vol. 5, 1985.
Interscience enciclopedia, inc, N.Y.

☞ Hazardous Chemicals Data Book
G. Weiss, 2nd ed.
N.J. USA, 1986.

☞ Perfil de producción del óxido de etileno
PEMEX. Subdirección Comité para la coordinación de Mercadotecnia y planeación
México, 1980.

☞ NFPA, National Fire Protection Association 30
Flammable and Combustible Liquids Code
E. U., 1991.

- ☞ Manual de Protección Contra Incendios
NIFA. Capítulo 4 : Almacenaje de líquidos inflamables y combustibles
3a. Ed. España, 1986.
- ☞ Reglamento Para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Secretaría de Gobernación
México, 1993.
- ☞ Procedimiento Operativo Para el Manejo de Carros Tanque al Servicio de Óxido de Etileno
Pemex Petroquímica, 1993.
- ☞ Norma DIII - 12 PEMEX
Manejo, Transporte y Almacenamiento de Óxido de Etileno
- ☞ Methods for Calculation of Fire and Explosion Hazards
S.J. Tunkel. Hazards Research Corporation.
N.J. AIChE Today Series, 1987.
- ☞ Modelos Atmosféricos Para la Simulación de Contaminantes y Residuos Industriales
SCRI 2.0, Manual de Referencia
México, 1993.
- ☞ Reglas de Seguridad Para el Manejo de Óxido de Etileno
Manual PEMEX
- ☞ Programa Interno de Protección Civil
H. Ayuntamiento Constitucional de Ecatepec de Morelos
Dirección de Gobernación de Protección Civil, 1993.
- ☞ Guía Técnica Para la Implementación de Programas Internos de Protección Civil
Secretaría de Gobernación
Sistema Nacional de Protección Civil, 1994.
- ☞ Atlas Nacional de Riesgos
Secretaría de Gobernación
Sistema Nacional de Protección Civil, 1994.