

111

2 Ejem.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**RIESGOS DE IMPACTO A LA COMUNIDAD EN  
PLANTAS DE PROCESO QUE MANEJAN AMONIACO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO  
P R E S E N T A :  
**PABLO ROJAS JIMENEZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

1994





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

JURADO ASIGNADO:



EXAMENES NACIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

PRESIDENTE: PROF. ALFONSO MONDRAGON MEDINA

VOCAL: PROF. CLAUDIO ARMANDO AGUILAR MARTINEZ

SECRETARIO: PROF. RAMON EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT

1er. SUPLENTE: PROF. RODOLFO TORRES BARRERA

2o. SUPLENTE: PROF. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

INSTITUTO NACIONAL  
DE CONTROL TOTAL DE PERDIDAS,  
S A. DE C.V.

NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

I.Q. RAMON EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT:

A large, dark, scribbled signature in black ink, appearing to be the name of Ramon Edgar Dominguez Betancourt.

NOMBRE Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

PABLO ROJAS JIMENEZ:

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name Pablo Rojas Jimenez, written in a cursive style.

## CON DEDICACION:

A Dios;

A mi madre: Sra. Elisa Jiménez Domínguez, por ser fuente permanente de amor, de ayuda y comprensión para la realización de mi vida;

A mi padre: Sr. Pablo Rojas Cruz, por su siempre alentador apoyo, sin el cual no hubiera sido posible lograr este anhelo;

A mis hermanos: Alfonso, Martín, Elías, Tomás, José Luis, Blanca Alicia, Guadalupe e Ismael. Por su desinteresado apoyo para la realización de mis estudios;

A todos mis familiares, especialmente a la Sra. Josefina Jiménez (en memoria), quien hiciera posible la realización de mis estudios en la U.N.A.M.;

Al Profr. Ramón Domínguez Betancourt, por su acertada dirección para el desarrollo de ésta tesis;

A todos mis maestros, quienes han hecho posible mi desarrollo profesional;

A mis compañeros de escuela, con quienes he compartido la esperanza de lograr nuestros sueños;

A mis compañeros de trabajo, especialmente a: Karina, Sergio, Fernando y Rosario, quienes con su amistad sincera siempre me alentaron para terminar ésta tesis.

# I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO 1

EL AMONIACO Y SUS PROPIEDADES

CAPITULO 2

PRINCIPALES USOS DEL AMONIACO Y PROCESOS DE OBTENCION

CAPITULO 3

TOXICOLOGIA DEL AMONIACO

CAPITULO 4

APLICACION DE MODELOS DE DISPERSION GASEOSA AL AMONIACO

CAPITULO 5

PRONOSTICO DE AFECTACION A LA COMUNIDAD

CAPITULO 6

POSIBLES METODOS DE CONTROL Y REMEDIACION

CONCLUSIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION.

La continua introducción de nuevos procesos para realizar diversas operaciones industriales en las que se producen bienes materiales, con la finalidad de satisfacer las necesidades humanas, es hoy en día una de las alternativas de solución al cumplimiento de las exigencias de grandes núcleos de población.

Sin embargo, tanto en los procesos con tecnologías recientes como en los ya existentes, es necesario manejar grandes cantidades de sustancias con propiedades diversas, las cuales pueden incrementar los niveles de riesgo ya inherentes en el transcurso de las operaciones.

La historia de los grandes accidentes industriales, tales como el de Bhopal (India, diciembre 1984), Flixborouhg (Inglaterra, junio 1974), Seveso (Italia, julio 1976), San Juan Ixhuatepec (México, noviembre 1984) y otros más, enfatizan la importancia de la seguridad industrial y de la aplicación de técnicas y procedimientos de trabajo que permitan reforzar y mantener los niveles de seguridad, realizando un análisis cuidadoso de las operaciones e implementando las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes como los ocurridos.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la magnitud de los Riesgos de Impacto a la comunidad en Plantas de Proceso que manejan amoníaco, sin dejar de pensar en la afectación ecológica, pues la comunidad es todo, la población y el medio ambiente. Al mismo tiempo, se sugieren algunos métodos como posibles medidas de control y remediación.

Con objeto de optimizar la eficiencia de las operaciones y para reducir los riesgos potenciales de las plantas industriales, es indispensable realizar métodos de detección, evaluación y control de riesgos.

La detección de riesgos se realiza con la aplicación de las Bases de Estudio que representen los diversos escenarios de fallas que provocan los accidentes, y pueden formar parte a su vez de un Análisis de Riesgo de la instalación, de una Auditoría en Seguridad Industrial o de una Auditoría Ecológica.

Después se hará una evaluación de la magnitud de los posibles accidentes a través de un Pronóstico de Afectación, en el que se aplicará alguna metodología de evaluación tanto cualitativa como cuantitativa. La evaluación se hace aplicando los métodos apropiados del Análisis de Seguridad en Procesos. El resultado mostrará los daños y áreas de afectación a las instalaciones, a la comunidad y medio ambiente en general.

Finalmente, dependiendo de los riesgos evaluados, se aplicarán los procedimientos de control y prevención adecuados. Para ello se considera también las condiciones físicas de las instalaciones, el tipo de sustancias manejadas, las condiciones de operación y los medios con que se cuenta para mitigar el riesgo.

## CAPITULO 1

### EL AMONIACO Y SUS PROPIEDADES

El amoniaco es una sustancia química cuya existencia es conocida desde los alquimistas del Medievo, aunque ya desde muy antiguo se conocían sales de amonio, o sea la "sal de amoniaco" y el carbonato de amonio. El cloruro de amonio fue llamado "auschadir" por los árabes. Johann Kunckel von Löwenstern (1630-1702) en su obra "*Vollständiges Laboratorium chemicum*" (publicada póstumamente en 1917), habla del desprendimiento de amoniaco en la putrefacción de sustancias orgánicas. Kunckel preparó amoniaco por adición de cal a la sal amoniaco (cloruro de amonio).

El amoniaco gaseoso fué obtenido por Joseph Priestley (1723-1804) en el año 1774, recogiéndolo sobre mercurio; lo llamó aire alcalino y encontró que al someterse a la acción de chispazos eléctricos aumentaba de volumen y se formaba un gas combustible.

Claude Louis Berthollet (1784-1802) analizó al amoniaco por primera vez. En 1785 demostró que el nitrógeno y el hidrógeno se formaban en ésta descomposición:  $2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ . Berthollet halló su verdadera composición en el año de 1787. El químico inglés Davy Sir Humphrey (1723-1804) estableció en 1800 la fórmula definitiva del amoniaco. El nombre "sal amoniaco" deriva del que se dió a la sal (cloruro de amonio) del Oasis de Ammon, en Egipto. El amoniaco libre en la atmósfera, procede de la descomposición de

materia orgánica, de la orina de cloacas de las aves, de letrinas, y de descargas eléctricas (que combinan el nitrógeno con el hidrógeno que en vestigios se halla en ella); también hay amoníaco en las emanaciones volcánicas. En las aguas de lluvia y terrestres se encuentra disuelto en pequeñas cantidades; en algunos minerales se halla incluido en forma de finas burbujas gaseosas.

### 1.1 Estructura molecular.

El amoníaco es una sustancia química constituida por dos elementos químicos: el nitrógeno y el hidrógeno, con un átomo del primero y tres del segundo; es una molécula tetraatómica. Como compuesto del nitrógeno, el amoníaco pertenece a los nitruros de hidrógeno.

La estructura molecular del amoníaco gaseoso está determinada por el par de electrones no compartidos que posee el átomo de nitrógeno. El nitrógeno del amoníaco se asemeja al carbono del metano: presenta hibridación  $sp^3$ , pero tiene solamente tres electrones no apareados, los que ocupan tres de los orbitales  $sp^3$ . El traslape de cada uno de ellos con el orbital  $s$  de un átomo de hidrógeno genera amoníaco. El cuarto orbital  $sp^3$  del nitrógeno contiene un par de electrones.

Si ha de haber traslape máximo y, por lo tanto, fuerza máxima de enlace, los tres núcleos del hidrógeno deben localizarse en

tres vértices de un tetraédro, mientras que el cuarto deberá ser ocupado por el par electrónico no compartido. Considerando solamente núcleos atómicos, la molécula de amoníaco debería tener forma piramidal, con el nitrógeno en el ápice y los hidrógenos en los vértices de una base triangular. Cada ángulo de valencia debería ser el tetraédrico de  $109.5^\circ$ . Se ha encontrado experimentalmente que el amoníaco tiene la forma piramidal calculada por la mecánica cuántica. Los ángulos de enlace son de  $107^\circ$ , ligeramente menores que el valor predicho, por lo que se ha sugerido que el par no compartido de electrones ocupa más espacio que cualquiera de los átomos de hidrógeno, tendiendo así a comprimir ligeramente los ángulos de enlace. La longitud del enlace nitrógeno-hidrógeno es de  $1.01 \text{ \AA}$  (angstrom); se necesitan  $103 \text{ kcal/mol}$  para romper uno de los enlaces del amoníaco. El orbital  $sp^3$  ocupado por el par electrónico no compartido es una región de alta densidad electrónica, es una fuente de electrones para átomos y moléculas que los busquen, lo que confiere al amoníaco sus propiedades básicas.

Un hecho adicional acerca del amoníaco, es que la espectroscopia revela que la molécula sufre inversión, es decir, se vuelve de dentro hacia afuera. Entre una disposición piramidal y la otra equivalente hay una barrera energética de sólo  $6 \text{ kcal/mol}$ , energía que es proporcionada por colisiones moleculares; así, a temperatura ambiente, la fracción de colisiones suficientemente

violentas para realizar la tarea es tan grande que la conversión entre disposiciones piramidales sucede con gran velocidad.

El amoníaco licuado posee moléculas o grupos  $\text{NH}_3$  unidos por puentes de hidrógeno; aunque no se conoce concretamente su estructura, se cree, sin embargo, que tiene una similar a la del agua, ya que su actuación como disolvente polar es muy parecida a la de aquella.

En estado sólido, el amoníaco está conformado por una distorsión de una red cristalina cúbica, en la que cada átomo de nitrógeno está rodeado de otros seis de hidrógeno a las distancias de  $3.38 \text{ \AA}$  y  $3.95 \text{ \AA}$ , con una energía del puente de hidrógeno de  $311 \text{ j/mol}$ . ( $1.3 \text{ kcal/mol}$ ).

## 1.2 Propiedades físicas.

A temperatura y presión ambiente, el amoníaco se encuentra en estado de agregación gaseoso. Es un gas incoloro, de olor picante característico, su peso molecular es de  $17.03 \text{ g/gmol}$ ; constituido por  $82.35\%$  y  $17.65\%$  en peso de nitrógeno e hidrógeno respectivamente. En su punto de ebullición normal ( $-33.35^\circ\text{C}$ ), tiene una densidad como líquido de  $682.4 \text{ kg/m}^3$  y un calor latente de vaporización de  $328 \text{ cal/g}$ ., su densidad como gas a  $-33.35^\circ\text{C}$  es  $0.88 \text{ kg/m}^3$ ; su temperatura de fusión es de  $-77.74^\circ\text{C}$ .

En condiciones normales de presión y temperatura el gas tiene una densidad de  $0.72 \text{ kg/m}^3$  y la vaporización de  $0.027 \text{ m}^3$  ( $1 \text{ pie}^3$ )

de líquido produce aproximadamente 25 m<sup>3</sup> (885 pie<sup>3</sup>). A -185°C. el amoníaco sólido tiene una densidad de 836 kg/m<sup>3</sup>.

En estado líquido y a 25°C la constante dieléctrica del amoníaco es de 16.9; su conductividad eléctrica a 20 °C es de  $1.22 \times 10^{-8}$  ohm<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>, su índice de refracción a 16.5 °C es de 1.325.

Su viscosidad en estado gaseoso a 0 °C es de  $0.92 \times 10^{-5}$  Nxs/m<sup>2</sup>, a 100 °C es de  $1.28 \times 10^{-5}$  Nxs/m<sup>2</sup>; en estado líquido tiene una viscosidad de  $2.74 \times 10^{-4}$  Nxs/m<sup>2</sup> a -40 °C, a 0°C tiene un valor de  $1.66 \times 10^{-4}$  Nxs/m<sup>2</sup> y a 20 °C su viscosidad es de  $1.36 \times 10^{-4}$  Nxs/m<sup>2</sup>.

Es bastante soluble en agua, con desprendimiento de calor (8.4 kcal/mol de NH<sub>3</sub>); a 0 °C (1 atm. de presión) se disuelve el 98% en peso, a 20 °C 51.5% y a 40°C 33.5%.

El amoníaco se desprende de las soluciones por ebullición. De las soluciones acuosas amoniacales a bajas temperaturas se han aislado dos hidratos cristalinos estables: El NH<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O y el hemihidrato NH<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O, que se funden a -79°C y a -78.8°C respectivamente. En estos compuestos las moléculas de NH<sub>3</sub> y de H<sub>2</sub>O están unidas por enlaces de hidrógeno.

La presión de vapor del amoníaco es de 10 atmósferas a 25.7°C. Su capacidad calorífica es de 8.38 cal/mol °C, el coeficiente de compresibilidad del líquido a -51°C es de  $63.8 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>N<sup>-1</sup>.

El coeficiente de expansión térmica del líquido es de  $1.95 \times 10^{-3}$  °C<sup>-1</sup>.

La temperatura crítica del amoníaco es de 132.4°C, su presión

crítica es de 112.3 atm.

El punto triple del amoníaco tiene una temperatura de  $-77.74^{\circ}\text{C}$  y una presión de 0.06 atmósferas.

### 1.3 Propiedades químicas.

El comportamiento químico del amoníaco está condicionado por la presencia del par electrónico solitario del átomo de nitrógeno, con el cual puede unirse a multitud de sustancias, y al que debe su comportamiento como base, según las ideas de Gilbert N. Lewis; aunque también sea un ácido según las ideas de Brönsted, porque puede dar un protón y convertirse en el grupo  $\text{NH}_2$  de las aminas, carácter básico que muestra frente al agua, según la reacción:



En una solución molar de amoníaco a  $18^{\circ}\text{C}$ , únicamente 0.4% del amoníaco se ha convertido en los iones  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{OH}^-$ , o sea, en la forma totalmente ionizada del hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), que en realidad no existe; el resto permanece en forma de amoníaco molecular ( $\text{NH}_3$ ).

La solución comercial contiene 30 a 36% de amoníaco: Las del 30% tienen un peso específico de 0.899, o sea 26 Baumé.

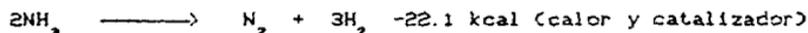
El poder disolvente del amoníaco líquido (o en solución), y en parte la acción reactiva del amoníaco en general, se debe a la formación de puentes de hidrógeno con las moléculas disueltas, facilitado por la polaridad bastante elevada de las

moléculas del amoníaco (1.47 debyes), y a la posibilidad de formar complejos solubles con sales insolubles.

El amoníaco disuelve o reacciona con sustancias orgánicas, metales alcalinos, alcalinotérreos (disuelve ligeramente al magnesio); el amoníaco húmedo ataca con fuerza al cobre, al zinc y a muchas de sus aleaciones como el latón y el bronce. Disuelve a los halogenuros metálicos (de Pb, Ag, Zn, Mn, Co, Ni); disuelve los nitratos y nitritos, a los cianuros de los metales alcalinos; a los de mercurio, zinc y plata; a los tiocianatos, y ligeramente a algunos fluoruros.

En cambio, no disuelve a los óxidos e hidróxidos, a los sulfatos, y en general a los sulfitos, ni a la mayor parte de los sulfuros, fosfatos y carbonatos metálicos.

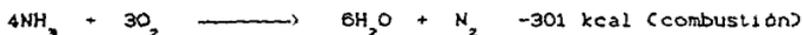
A temperaturas ordinarias no es muy reactivo, y es relativamente estable frente al calor y a los oxidantes. Sólo a temperaturas elevadas se descompone en sus elementos, según la reacción:

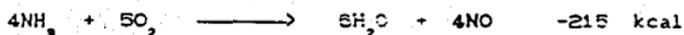


El poder reductor del amoníaco a altas temperaturas es superior al del hidrogeno.

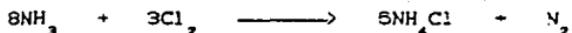
Como producto de sus reacciones más características existen los nitruros, las amidas y las aminas, además de otros derivados.

Con el oxígeno sólo se combina bajo la acción de la chispa eléctrica, o con altas presiones y temperaturas

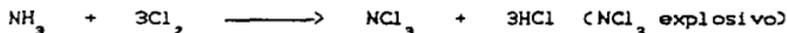




Esta última reacción se lleva a cabo a  $500^\circ\text{C}$ , con presión y catalizador. El amoníaco no arde en el aire a condiciones normales. Con los halógenos cloro, bromo y yodo da los respectivos halogenuros de amonio y desprende nitrógeno.



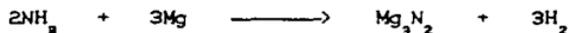
Y si hay exceso de halógeno produce el halogenuro correspondiente y el ácido correspondiente a dicho halógeno.



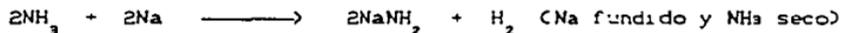
También el amoníaco reacciona con el azufre, dando nitruros de azufre, según la reacción



El amoníaco gaseoso con diversos metales da nitruros y puede desprender hidrógeno



u origina amidas metálicas



También el amoníaco líquido produce amidas, en presencia de catalizadores. Al formar amidas metálicas, el amoníaco se comporta como un ácido: sustituye uno de sus hidrógenos por el metal. Con los ácidos halogenhídricos, el amoníaco gaseoso o en solución, produce el correspondiente halogenuro de amonio

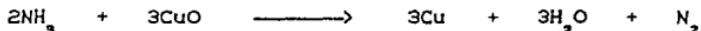


Por reacción con oxiácidos, como el ácido sulfúrico, da la sal

respectiva de amonio



El amoníaco reduce a los óxidos de los metales pesados, desprendiendo nitrógeno, agua y liberando a veces al metal

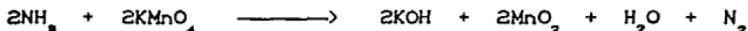


Con el agua, el amoníaco reacciona produciendo únicamente iones  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{OH}^-$ .

También puede reaccionar con ciertos anhídridos para dar amidas de los ácidos



El amoníaco muestra su acción reductora sobre ciertas sales, como el permanganato de potasio, con desprendimiento de nitrógeno



Con ciertas sales halúricas puede dar también amidas



Forma iones complejos con soluciones de ciertas sales metálicas



Genera aminas y compuestos de adición con gran número de sustancias de todos tipos



Las reacciones del amoníaco con moléculas como  $\text{BF}_3$  y  $\text{SO}_3$ , no protónicas (sin intercambio de iones  $\text{H}^+$ ) que electrónicamente no están saturadas, deben ser consideradas como reacciones de

neutralización, de acuerdo con las ideas de Lewis.

Y finalmente, el amoníaco en solución actúa como un hidróxido de composición  $\text{NH}_4\text{OH}$ , aunque inexistente, por lo cual aporta el ion o grupo  $\text{OH}^-$  a los metales



El amoníaco es adsorbido por gran número de sustancias; el carbón lo adsorbe, en solución sólida, hasta  $181 \text{ cm}^3$  por gramo de carbón activado a  $15^\circ\text{C}$ . Lo adsorben también las arcillas y el nitrato de amonio a bajas temperaturas.

#### 1.4 Riesgos en el manejo del amoníaco.

Las propiedades de los materiales que representan riesgos en su manejo, se refieren a los efectos no deseados que pueden originar, debido a los posibles daños que pueden causar a las instalaciones o materiales en que se manejan o almacenan, ya sea porque forman riesgos por incendio o explosión y por su reactividad, o bien porque representen riesgos para la salud humana y afecten al medio ambiente en general.

Los incendios y otras situaciones de emergencia pueden implicar a productos químicos con diversos grados de toxicidad, reactividad e inflamabilidad (inestabilidad y reactividad en agua, por ejemplo). En un incidente, el personal que labora puede estar expuesto a sustancias, cuyos riesgos se pueden deber a sus características biológicas, radiológicas o químicas.

Los agentes biológicos son organismos vivientes (o sus productos) que pueden causar enfermedad o muerte a las personas expuestas.

Los materiales radiológicos constituyen un riesgo debido a su propiedad de emitir diversos tipos de radiación a intensidades que pueden ser dañinas si el personal no está debidamente protegido de la fuente de radiación o está expuesto a ella por demasiado tiempo.

Los riesgos químicos se clasifican en varios grupos, incluyendo riesgos por fuego, tóxicos, corrosivos y de reacciones. En un incidente, un material puede emanar más de un producto químico con cierto grado de riesgo. Por ejemplo, durante fuegos de productos químicos se pueden liberar vapores tóxicos. Los riesgos son el resultado de las propiedades físico-químicas del material, de su reacción química con otros materiales y del medio ambiente a que está expuesto.

En un incidente puede haber presentes muchos riesgos. Es necesario comprender los fundamentos de cada uno y sus relaciones, de manera que puedan emplearse prácticas de seguridad efectivas para reducir el riesgo del público y del personal.

Antes de citar las riesgos específicas del amoníaco, es conveniente mencionar que el criterio que se utiliza actualmente para clasificar los riesgos que posee un material, es el que utilizan la National Fire Protection Association (NFPA), la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), así como el

Departamento de Transporte (DOT) de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta clasificación se basa en considerar las propiedades siguientes: Riesgos por fuego, riesgos para la salud, riesgos por reactividad y riesgos por corrosividad. También en México existen regulaciones para el manejo y transporte de materiales, fundamentalmente el Reglamento para el Transporte terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología (hoy SEDESOL) regulan las actividades Altamente Riesgosas. Estos dos importantes documentos se presentan al final del presente trabajo (Anexos 1 y 2).

**a) Riesgos por fuego.**

El amoníaco es una sustancia que representa un riesgo moderado de fuego, ya que sólo puede arder cuando se expone al calor o al fuego directo. Así, aunque el amoníaco es un material combustible, no es fácil que entre en combustión en condiciones ambientales ordinarias. Cuando el amoníaco anhidro se escapa de la tubería o recipiente que lo contiene, presenta dos tipos de riesgos: Explosión por combustión e incendio (aparte del riesgo de toxicidad). Sin embargo, su elevado límite inferior de inflamabilidad en aire (16%) y su bajo calor de combustión (-4440 cal/g) reducen estos riesgos de manera sustancial.

Para hablar de la combustibilidad de un material es importante mencionar el concepto de temperatura de autoignición.

Esta es la menor temperatura a la cual un gas inflamable o una mezcla de vapor y aire se enciende debido a su fuente de calor o al ponerse en contacto con una superficie caliente, sin necesidad de que haya chispa o llama. El valor de ésta temperatura para el amoníaco es de 651 °C.

El nitrógeno es inerte (incombustible) por sí mismo y por ello responsable de la relativamente limitada inflamabilidad del amoníaco anhidro, característica que se manifiesta en este producto por su elevado límite inferior de inflamabilidad y su bajo calor de combustión.

Según la NFPA, cualquier gas que pueda arder en concentraciones normales de oxígeno en el aire, se considera inflamable. Los gases inflamables arden en el aire igual que los vapores de los líquidos inflamables; es decir, cualquier gas entrará en combustión sólo dentro de unos ciertos límites de la composición de la mezcla aire-gas (límites de inflamabilidad o combustibilidad) y a una cierta temperatura necesaria para iniciar la reacción (temperatura de ignición o de inflamabilidad).

Los límites de inflamabilidad son aquellas concentraciones de un vapor o gas en el aire por debajo o por encima de las cuales una llama no se propaga al estar en contacto con una fuente de ignición.

El límite inferior es la concentración mínima de vapor o gas por debajo de la cual la mezcla aire-vapor es demasiado débil para arder o explotar.

El límite superior es la concentración máxima de vapor o gas por encima de la cual la mezcla aire-vapor es demasiado intensa para arder o explotar. Estos límites se dan en forma de porcentaje de volumen de gas o de vapor en el aire y, generalmente a presión y temperatura del ambiente. Aumentando la temperatura o la presión, desciende el límite inferior y se eleva el superior. Al descender la temperatura o la presión, se produce el efecto contrario. Los valores reportados en la literatura para el amoníaco son de 16% para el límite inferior y de 28% para el superior respectivamente. En algunos casos, la consideración de la amplitud de los límites de inflamabilidad o de la magnitud del límite inferior de inflamabilidad, o de ambos, ha dado como resultado la clasificación de un gas claramente inflamable, como no inflamable, porque la posibilidad de un incendio es pequeña. El amoníaco anhidro es notable a este respecto, puesto que el Departamento de Transportes de los Estados Unidos lo clasifica como gas no inflamable para su transporte en el comercio interestatal. También, es poco probable que el amoníaco represente algún tipo de riesgo especial por explosiones. Así, es difícil que se presente una Explosión de Vapor por Expansión de un Líquido Hirviente (BLEVE en inglés).

Una BLEVE ocurre cuando se rompe un recipiente que contiene un líquido almacenado a una temperatura superior a la de su punto de ebullición normal.

Si tal situación se presenta, resulta una vaporización explosiva de una gran cantidad del material contenido.

Una BLEVE es causada por una falla brusca e imprevista del tanque contenedor, debido a alguna causa no específica. El tipo más común se debe al fuego, cuyas etapas de desarrollo son:

1. Se desarrolla un fuego externo en los lugares adyacentes al tanque que contiene el líquido.
2. El fuego calienta las paredes del tanque.
3. Se incrementa la temperatura y presión del tanque.
4. Si las flamas alcanzan las paredes o el techo del tanque dónde solamente hay vapor y no hay líquido para remover el calor, la temperatura del metal del tanque se incrementa tanto, hasta que pierde su resistencia estructural.
5. El tanque se rompe, vaporizando explosivamente su contenido.

Una BLEVE de recipientes de amoníaco es poco frecuente, siendo mínima la probabilidad de que sea éste el que origine el fuego. En las ocasiones en que se ha producido una BLEVE de amoníaco, el fuego ha sido causado por otros combustibles.

Otro parámetro de los materiales combustibles es la temperatura de ignición o de inflamación y ésta es la temperatura mínima a la que una sustancia desprende suficiente cantidad de vapores como para

sostener la combustión por sí misma.

Hay otras propiedades de riesgo de los materiales inflamables, aunque el punto de inflamación es el principal factor.

El peligro relativo aumenta a medida que baja el punto de ignición. La importancia de ésta propiedad es mas evidente cuando se compara líquidos de distintos puntos de inflamación.

Para el amoniaco no se ha reportado un valor para la temperatura de inflamación, ésto se debe a que no es inflamable en condiciones comunes para poder reportar su valor a ésta propiedad.

La NFPA clasifica al amoniaco con el valor de 1 para la propiedad de inflamabilidad; esto quiere decir que es un material que debe ser precalentado antes de que pueda ocurrir la ignición.

Sin embargo, la experiencia demuestra que el amoniaco sí representa cierto riesgo por posibles explosiones. Una explosión de gas o vapor es una liberación muy rápida y violenta de energía. Si la combustión es extremadamente rápida se liberan grandes cantidades de energía cinética, calor y productos gaseosos. El mayor efecto que contribuye a la explosión es el confinamiento de una sustancia inflamable. Cuando los vapores o gases no pueden disiparse libremente, entran en reacción de combustión más rápidamente.

En edificios cerrados, como pueden ser los lugares donde se realizan procesos de refrigeración o en algunas zonas de almacenamiento, los escapes de líquido o de grandes cantidades de

gas pueden dar por resultado su acumulación en ciertos espacios, formando mezclas inflamables, lo que puede producir una explosión. En tales casos, aunque el bajo calor de combustión produce menores presiones que en la mayor parte de los gases inflamables, la presión puede ser suficiente para causar daños estructurales de cierta importancia.

Como resultado de ello, los incendios de amoníaco anhidro son poco frecuentes y cuando llega a producirse la ignición, es más fácil la explosión por combustión que el incendio; es capaz de formar mezclas explosivas con el aire en áreas confinadas. Analizando los reportes de incendios en posesión de la NFPA, de 36 ocurridos entre 1929 y 1969 en los que los escapes de gas o de líquido entraron en ignición, 28, es decir el 78% dieron por resultado una explosión por combustión. Todos ellos se produjeron en espacios confinados.

Consideraciones prácticas. Los fuegos y explosiones requieren combustible, aire (oxígeno) y una fuente de ignición (calor). En los riesgos de incendio, los dos primeros elementos no son fáciles de controlar.

Consecuentemente, cuando se trabaja en un lugar donde existen riesgos de incendio, se debe observar la concentración de los gases combustibles en el aire, y se debe mantener fuera del área cualquier fuente posible de ignición.

## b) Riesgos para la Salud.

Riesgo para la salud, tal como lo define la NFPA, es cualquier propiedad de un material que directa o indirectamente puede causar lesión o incapacidad, bien temporal o permanente, al quedar expuestos por contacto, inhalación o ingestión.

Los riesgos que presenta el amoníaco para la salud, se deben a su propiedad de ser una sustancia tóxica. Es importante mencionar que la toxicidad de un material no es sinónima de su riesgo para la salud.

La toxicidad es la capacidad de un material para producir lesión o daño. El riesgo es la posibilidad de que un material cause lesión cuando se usa una cantidad específica en condiciones también específicas. Los elementos clave que hay que considerar al evaluar las afectaciones a la salud son éstos:

- a) La toxicidad de los materiales usados.
- b) Las propiedades físicas de estos materiales.
- c) Las probabilidades de absorción de estos materiales por los individuos.
- d) La extensión e intensidad de la exposición a estos materiales.
- e) Las medidas de control tomadas.

El grado en que una sustancia afectará a las células vivas sólo se puede medir después de haber sucedido alteraciones apreciables. Algunas alteraciones pueden producirse a niveles muy bajos y causar verdadero daño celular.

La toxicidad depende de la dosis, de la velocidad, método y punto de absorción y de otros muchos factores, como estado general de salud, diferencias individuales, tolerancia, dieta y temperatura.

Los tipos de riesgos tóxicos pueden categorizarse por el efecto fisiológico que tienen en el organismo. Un material puede inducir más de una respuesta fisiológica, que pueden incluir: Asfixia, sensibilización e irritación alérgica, envenenamiento de sistemas, mutagénesis, teratogénesis y carcinogénesis.

La probabilidad de que el organismo sufra de algunos de éstos efectos depende no sólo de la toxicidad inherente del material mismo (medido por su dosis letal) sino también por la magnitud de la exposición (aguda o crónica) y la ruta de la exposición (ingestión, inhalación, absorción por la piel).

De acuerdo a la clasificación de la NFPA el amoníaco es un material que implica un riesgo para la salud y, según los valores que se le dan, está clasificaco con el número 3. Esto quiere decir que, de acuerdo a esa clasificación, una corta exposición al amoníaco puede causar lesiones residuales o temporales serias, aún cuando se aplique tratamiento médico inmediato, incluyendo aquellas posibles exposiciones que requieren de protección de todo contacto corporal. En el proximo capítulo se expondrá la toxicología del amoníaco, la forma en que actúa en el organismo y la terapia aplicada a las personas expuestas a él.

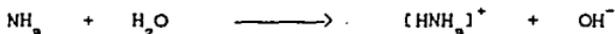
### c) Riesgos debidos a Reacciones Químicas.

Un material reactivo es aquel que puede sufrir una reacción química bajo ciertas condiciones específicas. Generalmente, el término "riesgo químico" se usa para hacer referencia a una sustancia que sufre una reacción violenta en presencia del agua o bajo condiciones atmosféricas normales.

El amoníaco es una sustancia que es clasificada por la NFPA como un material que es normalmente estable y, por lo tanto, no produce ninguna reactividad de alto riesgo, que afecte a las personas.

Hablando específicamente de las reacciones que puede tener el amoníaco con sustancias comunes, decimos que con el agua "reacciona" disolviéndose con pequeño desprendimiento de calor.

La reacción de disolución del amoníaco en el agua es la siguiente:



Aunque el amoníaco es un material estable durante su transporte y no muestra indicios de reaccionar con el aire, arde en oxígeno con flama verde pálida, se produce nitrógeno y vapor de agua.

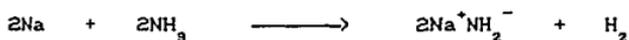


Pero el amoníaco es un agente reductor y el cloro y el hipoclorito de sodio son agentes oxidantes suficientemente fuertes como para reaccionar con el gas amoníaco a temperatura ambiente y producir nitrógeno:



Los metales de los grupos 1A y 2A son lo suficientemente

electropositivos para reaccionar en caliente con el amoníaco y dar lugar a amidas iónicas, por ejemplo:



Hablando de propiedades corrosivas y, como también se mencionó al hablar de las propiedades químicas, el amoníaco húmedo ataca con fuerza a algunos materiales como el cobre, al zinc y a muchas de sus aleaciones como el latón y el bronce.

Esto causa algunos problemas en las zonas agrícolas, debido a que por sus similares presiones de vapor, el amoníaco anhidro y el propano se almacenan frecuentemente en los mismos recipientes en diferentes épocas del año. El equipo de manipulación de los gases licuados de petróleo (GLP) contienen habitualmente piezas de latón, bronce, cobre y zinc, que forman parte de las válvulas, indicadores, tuberías, reguladores, etc. Estas piezas del equipo deben cambiarse por otras de acero cuando se transforman las instalaciones para el servicio de amoníaco anhidro. En consecuencia, el amoníaco anhidro debe ser purgado cuidadosamente del recipiente cuando éste se vuelve a utilizar para GLP.

Hay que mencionar también que el amoníaco no presenta riesgos como material que se polimerice o que polimerice a otras sustancias, o que inhiba la polimerización de otro material.

En forma anexa a ésta tesis se presenta la Hoja de Datos de Seguridad del amoníaco, la cual contiene un resumen de las propiedades riesgosas del amoníaco.

## CAPITULO 2

### PRINCIPALES USOS DEL AMONIACO Y PROCESOS DE OBTENCION

El amoniaco es una sustancia química que tiene numerosas aplicaciones industriales. Las principales las constituyen la fabricación de fertilizantes (sulfato de amonio principalmente), la síntesis del ácido cítrico sintético; de la sosa Solvay o al amoniaco (carbonato de sodio); de la urea y plásticos derivados; y de otros compuestos. Se utiliza en la industria de la refrigeración, por causa de su elevado calor de vaporización, sobre todo antes de emplearse los freones. También se utiliza el amoniaco en el nitrurado de los aceros. Se emplea asimismo en medicina y en la purificación de aguas; en la industria de la seda artificial. Así mismo, del amoniaco se obtienen una serie de productos derivados tales como el acrilonitrilo, el nylon, la hidracina, compuestos amínicos, etc.

Sus soluciones se utilizan como disolventes de grasas y también como quitamanchas. Es también una fuente de hidrógeno. En los laboratorios se emplea generalmente disuelto.

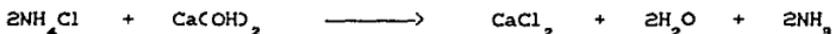
El amoniaco se obtiene industrialmente basándose en cuatro tipos de reacciones principales:

1. Por síntesis directa de sus elementos



Esta reacción se efectúa aproximadamente a 700°C, en el que se utiliza el método industrial de Haber de 1913.

2. Por descomposición de compuestos de amonio o de otros también nitrogenados. Por ejemplo de una sal de amonio (como el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), desplazando el amoníaco con un hidróxido fuerte:



3. Por síntesis indirecta de nitruros metálicos como  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  o  $\text{AlN}$ :



Este es el método industrial de Serpek., o bien con el

4. Método de la cianamida de calcio:



Este último es el método industrial de Franck-Caro.

Es importante mencionar que en la putrefacción de despojos y productos orgánicos se desprende amoníaco, y que puede obtenerse también de las sales de amonio y de la urea contenidas en la orina y heces. La urea sufre rápida descomposición, transformándose en carbonato de amonio. Se calcula que la orina y las heces de 100000 personas en un año, pueden suministrar 423 y 59 toneladas de amoníaco respectivamente.

Las constantes de equilibrio de la reacción para obtención de amoníaco, fueron investigadas desde 1905 y 1919 por Fritz Haber (1868-1934) y por Georges Claude (1870-1960) respectivamente, con objeto de realizarla lo más ventajosamente posible.

En la síntesis industrial del amoníaco de acuerdo con las normas establecidas principalmente por Haber y Claude, aún siguiendo distintos procedimientos, se recurre a diversos catalizadores

simples o de mezcla; después de numerosos ensayos se ha llegado a un catalizador que puede considerarse único: El constituido por "hierro activado" (hierro poroso, con óxidos de aluminio, de potasio, de calcio, de zirconio u otras sustancias).

Los materiales utilizados en los aparatos que han de sufrir presiones muy altas han de ser aceros especiales al cromo, al níquel, al wolframio, etc.

Los diversos procedimientos industriales de síntesis son, precisamente, resultado de combinaciones de los factores rendimiento, presión, temperatura, catalizador, limpieza de la mezcla gaseosa y maquinaria, llevados a tales valores o condiciones que produzcan el resultado que se considera más ventajoso y económico.

Algunos de los grandes fabricantes de amoníaco de los Estados Unidos son: Du Pont, Grace Chemical, Shell Chemical, Lion Oil (Monsanto), Brea Chemicals, Standard Oil of California, etc. En México el principal productor de amoníaco es Petróleos Mexicanos. Durante la Segunda Guerra Mundial, la necesidad de explosivos provocó un rápido aumento en la producción de ácido nítrico y en consecuencia de amoníaco.

La capacidad disponible de nitrógeno después de la guerra fue dedicada a la fabricación de fertilizantes. Como consecuencia de este hecho se produjo un rápido aumento del consumo de fertilizantes.

Las ventajas de la fertilización quedaron confirmadas y la capacidad de producción de amoníaco se elevó.

Desde 1945 a 1951 se duplicó el número de fabricantes de amoníaco. Exceptuando el método Mont Cenis, todos los demás utilizan un catalizador de hierro con un activador.

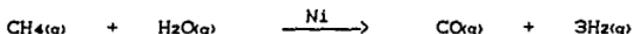
Las presiones empleadas oscilan entre 200 y 900 atmósferas y las temperaturas entre 400°C y 650°C. En general, se realiza la recirculación del gas para conseguir una mejor utilización del hidrógeno y del nitrógeno, puesto que al pasar sobre el catalizador tan sólo se transforma de un 9% a un 30% de la mezcla. La procedencia del gas de síntesis depende de la instalación. En algunos casos, se utiliza hidrógeno electrolítico; en otros, éste gas procede de la industria del petróleo o del gas natural.

Como se mencionó anteriormente, en México el principal productor de amoníaco es Petróleos Mexicanos, principalmente en su Complejo Petroquímico de Cosoleacaque, en la región sureste del país, en el Estado de Veracruz. En dicho Complejo Industrial, Pemex tiene instaladas siete plantas de amoníaco, que producen 2 millones 440 mil toneladas anuales, siendo uno de los mayores centros productores de amoníaco del mundo.

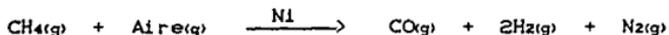
En Pemex se obtiene amoníaco a partir del gas natural. La primera etapa del proceso consiste en el secado y desulfurización del gas natural, por medio de carbón activado a temperatura ambiente, y posteriormente con óxido de zinc a temperatura elevada, eliminando

así todo el azufre presente.

Luego, el gas natural desulfurizado se mezcla con vapor de agua y se pasa a un reformador primario, donde con un catalizador a base de níquel se lleva a cabo la siguiente reacción:



A continuación los gases de la reacción se hacen pasar al reactor de lecho fluidizado, también llamado reformador secundario, al cual además se inyecta aire de la atmósfera, efectuando la siguiente reacción:



Debido a que las reacciones de reformación son altamente exotérmicas, el calor generado se utiliza para generar vapor de agua de  $102 \text{ kg/cm}^2$ , que sirve para accionar las turbinas de los compresores del proceso.

Después del reformador secundario, el gas crudo de síntesis pasa por una etapa de Conversión, en donde a través de un reactor el monóxido de carbono se transforma en dióxido de carbono en presencia de un catalizador de fierro-cromo.

Luego, el dióxido de carbono se elimina mediante un sistema de absorción-desorción con carbonato potásico. Y por último, dentro de ésta sección de purificación, las trazas de monóxido de carbono residuales se transforman a metano y agua en un reactor, empleando níquel como catalizador.

Posteriormente, el gas purificado se envía al reactor de síntesis

a través del sistema de compresión; los gases se alimentan al reactor a presión elevada.

Los gases llegan al reactor de síntesis, en el que, en presencia de un catalizador de hierro promovido se obtiene el amoníaco, que posteriormente es condensado en un sistema de refrigeración.

El amoníaco se forma de acuerdo a la siguiente ecuación química:

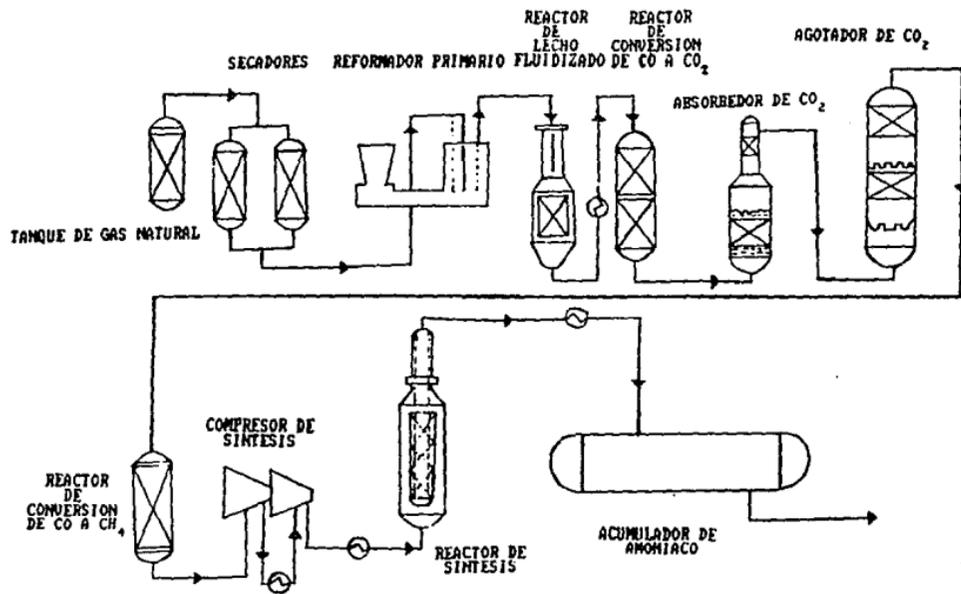


El amoníaco se ha convertido en el producto petroquímico de mayor importancia desde el punto de vista de ingresos de divisas para el país.

En México, durante 1983 se exportaron 743,824 toneladas por un valor de 112.34 millones de dólares. Se exporta a través de los Puertos de Salina Cruz y Pajaritos, principalmente a los Estados Unidos, Bélgica, Costa Rica, España, Guatemala, Holanda y Suecia.

En la siguiente página se muestra el Proceso de Obtención de amoníaco utilizado en las instalaciones industriales de Petroleos Mexicanos.

PROCESO DE OBTENCION DE AMONIACO  
 A PARTIR DE GAS NATURAL CON  
 HIERRO ACTIVADO COMO CATALIZADOR



IE

FIG. 2-1.  
 PROCESO DE OBTENCION DE AMONIACO  
 EN LAS INSTALACIONES  
 DE PETROLEOS MEXICANOS

## CAPITULO 3

### TOXICOLOGIA DEL AMONIACO

La continuada introducción de nuevos procesos, operaciones y técnicas industriales en que intervienen nuevos agentes químicos obligan al conocimiento de la Toxicología por parte de los profesionales de seguridad, al que frecuentemente se le pide consejo acerca de los peligros que lleva consigo el uso de determinados agentes químicos.

Por ello, los ingenieros químicos deben tener conocimientos acerca de:

1. Las vías de entrada de las sustancias tóxicas a los organismos biológicos.
2. La manera cómo las sustancias tóxicas son eliminadas por el organismo.
3. Los efectos de las sustancias tóxicas en los organismos biológicos, y
4. Los métodos para prevenir o reducir la entrada de sustancias tóxicas en los organismos biológicos.

Las primeras tres áreas son relativas a la Toxicología. La última es esencialmente tema de la Higiene Industrial.

Hace muchos años, la Toxicología fue definida como "la ciencia de los venenos".

Desafortunadamente, la palabra veneno todavía no era bien definida.

Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1443-1541), mejor conocido como Paracelso, médico naturalista suizo y uno de los fundadores de la química farmacéutica e investigador de la Toxicología durante los años 1500(s), definió el problema:

"Todas las sustancias son venenos, no hay ninguna que no lo sea. La dosis correcta, diferencia a un veneno de un remedio". Sustancias inocuas, como el agua, puede llegar a ser fatal si es dada a un organismo en grandes cantidades. Un principio fundamental de la toxicología es:

"No hay sustancias inocuas, solamente maneras seguras del uso de sustancias".

Actualmente, la Toxicología se define más adecuadamente como el estudio cualitativo y cuantitativo de los efectos adversos de las sustancias tóxicas en los organismos biológicos. Un material tóxico puede ser un agente químico o físico, incluyendo polvos, fibras, ruido y radiación. Un buen ejemplo de agente físico son las fibras de asbesto, bien conocido por causar daños y cáncer al pulmón.

La toxicidad de un agente químico o físico, es una propiedad del agente, que se describe como su efecto en los organismos biológicos. El riesgo de una sustancia tóxica es la posibilidad de daño, basados en la exposición debido al transporte y otros factores físicos de uso. El riesgo tóxico de una sustancia puede ser reducido con técnicas apropiadas de la Higiene Industrial.

La toxicidad, en cambio, no puede ser cambiada. Administrada de modo pertinente y a dosificación suficiente, prácticamente cualquier sustancia puede ser nociva para el hombre.

Por este motivo, se aceptan grados de toxicidad y grados de inocuidad para todos los materiales. Estos grados se relacionan principalmente con la cantidad de material presente en el cuerpo (existe una relación entre el efecto biológico de un agente químico y su dosis o concentración en el cuerpo humano).

Muchos agentes químicos no son selectivos en su acción sobre los tejidos o las células específicas. Algunos son nocivos sólo para ciertas especies; otras especies han desarrollado mecanismos protectores.

La toxicidad es relativa. Se refiere a un efecto nocivo sobre algún mecanismo biológico. El término <toxicidad> se usa corrientemente al comparar un agente químico con otro, pero ésta comparación carece de sentido si no se especifica el mecanismo biológico y las condiciones en que suceden los efectos nocivos.

Puede considerarse que un estímulo químico produce efecto tóxico cuando satisface los siguientes criterios:

\* Produce en un órgano o sistema una alteración fisiológica observable o mensurable. La alteración puede ser de carácter anatómico, puede ser una inhibición o aceleración de un proceso fisiológico normal o puede consistir en una alteración bioquímica específica.

\* La alteración observada se puede repetir en otros animales aún cuando varíe cuantitativamente la relación dosis-efecto.

\* El estímulo altera los procesos fisiológicos normales, de tal modo que los mecanismos protectores están menoscabados en su función de defensa contra otros estímulos adversos.

\* El efecto es reversible, o al menos se atenúa, al eliminar el estímulo.

\* El efecto no tiene lugar en ausencia del estímulo o sucede con tan poca frecuencia que indica respuesta generalizada o inespecífica. Cuando se aprecian elevados grados de susceptibilidad, deben ser evidentes iguales grados de resistencia.

\* La observación debe ser repetida y ser reproducida por otros investigadores.

\* La alteración fisiológica reduce la eficiencia de un sistema o función y menoscaba la reserva fisiológica, interfiriendo en la aptitud de resistir o adaptarse a otros estímulos normales de modo permanente o temporal.

Aunque son bien conocidos los efectos tóxicos de muchos agentes químicos usados en la industria, hay otros muchos que no están bien definidos. La toxicidad de un material no es una constante física -como el punto de ebullición, el punto de fusión, presión de vapor o la temperatura- y sólo pueden hacerse afirmaciones generales acerca de la naturaleza tóxica de una sustancia dada.

Si pudiera determinarse la toxicidad de un producto químico por su constitución o fórmula estructural, el estudio sería más sencillo. Aunque hay ciertas analogías importantes entre estructura y toxicidad, también hay importantes diferencias que requieren el estudio individual de cada compuesto. Por ejemplo, en la serie de los alcoholes hay un aumento progresivo de toxicidad del etílico al amílico. Después, a medida que los alcoholes de peso molecular más elevado son menos solubles en los líquidos orgánicos, hay una toxicidad decreciente en los miembros superiores de la serie. La sustitución de un átomo de cloro por otro de hidrógeno suele traducirse en un aumento de toxicidad; sin embargo, esto no puede aplicarse como regla general a todos los casos. Por ejemplo, el cloruro de metileno ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) es menos tóxico que el tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) y mucho menos que el metil cloruro ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ).

### 3.1 Rutas de acceso

Desde el punto de vista industrial, sólo hay tres vías por las que los agentes químicos pueden causar daño a las personas:

1. Por contacto con o absorción por el sistema respiratorio.
2. Por contacto con o absorción por la piel, y
3. Por contacto con o absorción por el sistema digestivo.

Existe también una cuarta vía, no industrial, denominada:

4. Parenteral, que es administrada directamente al cuerpo.

En general, las intoxicaciones industriales sistémicas se producen

por:

a) Inhalación de agentes tóxicos. La lesión local será comunmente en las vías respiratorias al ponerse en contacto con sustancias irritantes o corrosivas.

b) Ingestión del agente tóxico, que puede tener lugar en alguna medida, aún cuando en esas condiciones habría, generalmente, considerable inhalación del material.

c) La absorción a través de la piel puede tener lugar cuando ésta se expone a ciertos agentes tóxicos. Se sabe que ciertos líquidos y vapores atraviesan la piel en grado tal que la protección respiratoria no es suficiente para concentraciones elevadas. Por ejemplo, el cianuro de hidrógeno (HCN) pasa a través de la piel intacta. Debe tenerse en cuenta el tipo de ropa de trabajo utilizada; si se saturan con solventes, obrarán como una reserva que bañará continuamente el cuerpo con el material nocivo.

d) La absorción de materiales nocivos por el pulmón depende de la solubilidad en los líquidos orgánicos, la permeabilidad de los pulmones, el volumen de inhalación, el volumen de sangre en los pulmones y el grado de concentración de vapor entre el aire inhalado y la sangre.

El sistema respiratorio se compone de dos partes principales: (a) las vías respiratorias superiores: nariz, faringe, tráquea y bronquios, que se dirigen a los diferentes lóbulos de los pulmones y (b) los alvéolos, en los que tiene lugar el verdadero

intercambio de gases a través de la pared celular.

En general, sólo las partículas finísimas llegan a los sacos alveolares. Cuanto mayor sea una partícula, antes se depositará por encajamiento, gravedad, etc., en el revestimiento de los bronquiolos que conducen a los sacos. Sólo las partículas menores de media micra son capaces de entrar en el saco alveolar.

La vía nasofaríngea sirve de intercambiador de calor y humedad, calentando y humedeciendo el aire inhalado a fin de que constituya una agresión para el delicado tejido pulmonar. La tráquea y los tubos bronquiales tienen un tapizado viscoso que atrapa las partículas grandes de los contaminantes antes de que lleguen al pulmón.

El organismo se intoxica por sustancias absorbidas por el pulmón, del mismo modo y en la misma cuantía general que se intoxicaría por una cantidad igual de la misma sustancia que entrase en el cuerpo por otra vía de absorción, como la piel o la pared intestinal.

Los efectos de los materiales nocivos están determinados por la cantidad acumulada en el organismo; en definitiva, por la dosis total. El número de miligramos de material nocivo por kilogramo de peso corporal determina el efecto tóxico producido. A menudo se pasa por alto este dato cuando se expresan exposiciones individuales solo en términos de concentración (partes por millón) en el aire respirado y de duración del tiempo de exposición.

La cantidad existente en el aire inspirado no es necesariamente la cantidad absorbida.

Diferencias del tamaño de partículas de solubilidad, prácticamente imposibles de medir con exactitud, determinan la fracción de impurezas inhaladas que se retienen o absorben. La concentración en el aire de partícula o de polvo de plomo puede no producir intoxicación, dependiendo de que haya o no oportunidad de absorción o ingestión de importancia.

Hay situaciones en que los análisis de aire no sirven para valorar con precisión el peligro, ya que la cantidad absorbida no se puede predecir a partir de los datos obtenidos por esas determinaciones. En estas situaciones es muy conveniente tener otros medios de estimar la exposición. Con muchas sustancias se puede hacer esto analizando el agente tóxico o un metabolito de él derivado, en muestras biológicas o productos de excreción apropiados.

El único líquido biológico que encuentra gran aplicación para estos análisis de exposición es la sangre; se ha hecho uso limitado de muestras de biopsia de pulmón, piel y grasa, pero no son muy prácticas para su recogida periódica. Los productos de excreción analizados más frecuentemente son la orina y el sudor. El volumen medio de respiración pulmonar de un trabajador puede cifrarse en 20 litros por minuto, o aproximadamente 10,000 litros en una jornada de trabajo de ocho horas.

Si el aire contiene un miligramo por litro de un material nocivo,

la cantidad máxima que puede absorberse en un día es de 10 gramos. La misma dosis total resultaría de una exposición de una hora a una concentración en el aire de 8.33 mg/l.

La exposición del trabajador a gases y vapores está limitada generalmente a las horas de trabajo. El tiempo pasado lejos del trabajo suele ser más que suficiente para permitir la completa eliminación del material volátil de la sangre, antes de que comience la nueva exposición diaria. Excepto en el caso de sustancias muy solubles, como el alcohol amílico, o de gases reactivos cuyos productos de desintoxicación se eliminan lentamente, no habría acumulación de gases y vapores por la exposición diaria.

Los materiales nocivos o sus productos de desintoxicación se eliminan del organismo por el sistema respiratorio, el sistema intestinal, el urinario y, en algunos casos, por las glándulas sudoríparas.

La mayoría de los productos volátiles se eliminan en cuestión de horas o, a lo más de días.

Sin embargo, muchos elementos tóxicos pueden almacenarse en diversas partes del cuerpo largos periodos de tiempo. Es improbable que las lesiones tóxicas crónicas tengan una distribución regular en todo el cuerpo. En muchos casos el órgano afectado es el hígado o el riñón y varias sustancias afectan a la vez al hígado y a los huesos.

Una diferencia importante entre la inhalación como vía de entrada y la ingestión o la absorción por la piel, es que por inhalación el material entra directamente en la sangre arterial, mientras que por ingestión o absorción cutánea, entra por la sangre venosa y llega por la parte derecha del corazón donde se diluye en todo el sistema venoso, atravesando seguidamente el pulmón para llegar después, a través de la parte izquierda del corazón, al cerebro y a los otros órganos.

Los gases y vapores reactivos se alteran dentro del cuerpo y se eliminan en gran parte en formas diferentes de la absorbida. La acción toxicológica la puede ejercer la sustancia en su forma original o sus productos de desintoxicación.

Los gases y vapores no reactivos no se alteran en medida apreciable en el organismo y se eliminan en la misma forma química en que se absorbieron. Los hidrocarburos alifáticos, como el propano y el heptano, son ejemplos de éste tipo.

El amoníaco puede entrar al organismo por diferentes rutas de acceso, situaciones que se presentan en el curso de diversas operaciones industriales:

- En la preparación de soluciones y sales amoniacales.
- En la preparación de la Sosa Solvay
- En la preparación de materias colorantes y de diversos productos químicos
- En el tratamiento de las sedas después del baño ácido, en el

azogado de espejos, níquelado electrolítico, decapado de ciertas pinturas, etc.

Por otra parte, se desprenden del amoníaco, materias azoadas, a veces en dosis tóxicas, en el curso de la fermentación, en las fábricas de curtidos, en los depósitos de basura e inmundicias, etc. Pero el peligro mas frecuente estriba en el empleo del amoníaco en los aparatos frigoríficos, donde este gas se halla bajo presión. Toda fuga o ruptura de canalizaciones provoca entonces, la descarga brusca de cantidades a veces considerables de amoníaco en locales a menudo pequeños o confinados. La mayoría de las intoxicaciones mortales se producen en estas condiciones.

Normalmente las afectaciones mayores por el amoníaco se presentan cuando el amoníaco es inhalado en grandes cantidades, como en accidentes como el mencionado anteriormente, aunque también, desde luego hay afectaciones por absorción dérmica y afectaciones a los ojos. La ingestión, normalmente tiene lugar en accidentes voluntarios o no voluntarios, cuando en este último caso se desconocen las propiedades de la solución que se ingiere.

### 3.2 Reacción con tejidos húmedos

Los vapores amoniacales tienen una acción irritante bien conocidos. El gas amoníaco es extremadamente soluble en agua a temperatura ambiente. Esta propiedad es de gran importancia en su toxicología, porque favorece la agresividad para los tejidos y las mucosas.

Desde el punto de vista químico, el amoníaco se comporta como una base fuerte, combinándose con todos los ácidos y reaccionando sobre los indicadores coloreados. Con el agua forma hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), sustancia que provoca los ardores y la corrosión en los tejidos donde se forma.

Entonces, su acción tóxica se debe sobre todo a su acción cáustica, favorecida por su gran solubilidad en el agua. Un contenido de 0.10 mg/l. de aire no produce accidente; 0.25 mg. pueden tolerarse; pero ya es incómodo. El gas es perceptible olfativamente por debajo de la Dosis Tóxica.

A consecuencia de la formación de hidróxido de amonio en presencia de agua, su acción tóxica es similar a la de sustancias cáusticas, como son el hidróxido de sodio y de potasio. La fisiopatología y la sintomatología de los álcalis cáusticos han sido bien estudiadas, y se describen de la siguiente forma:

a) Fisiopatología. Como ocurre con los ácidos, las propiedades cáusticas de las bases están relacionadas con diversos parámetros, tales como el pH (por encima de 12) y la viscosidad, pero la concentración, el volumen ingerido y el tiempo de contacto con las mucosas digestivas, cuando se ha ingerido, son los factores que condicionan más directamente la acción corrosiva. Las condiciones patológicas previas del estómago y ciertas reacciones exotérmicas que se producen con algunos preparados son, así mismo, factores que aumentan la gravedad de la corrosión.

Cuando los factores anteriores son suficientes, los álcalis atraviesan los tejidos a los que corroen, al mismo tiempo que se combinan con las albúminas, formando combinaciones parcialmente solubles en el agua, y, sobre todo, saponifican las grasas. Esta acción corrosiva ha sido denominada Necrosis de Licuefacción y conduce a la formación de incisiones superficiales muy características: Blandas, untuosas y translúcidas. Estas perforaciones carecen del efecto protector que tenían las de los ácidos, por lo que sus efectos se extienden considerablemente en profundidad, lesionando diferentes capas de los órganos afectados, al mismo tiempo que extienden la trombosis vascular y la necrosis. A consecuencia de ello, las secuelas (estenosis cicatrizales) suelen ser de mayor gravedad que con los ácidos.

b) Sintomatología. Puede superponerse a la debida a los ácidos. Como en éstos, evolucionan en tres etapas, que responden a las mismas denominaciones:

- 1.- Fase inflamatoria aguda (los primeros 3-4 días)
- 2.- Fase de granulación latente (4-14 días)
- 3.- Fase de cicatrización (desde varias semanas a años)

La primera fase corresponde a los efectos corrosivos del álcali sobre las mucosas digestivas con las que se pone en contacto. Inmediatamente después de la ingestión, el paciente experimenta agudos dolores y sensación de quemadura. Los labios y la lengua están blanquesinos y edematosos, y la orofaringe aparece

fuertemente eritematosa y en su superficie se distinguen ulceraciones más o menos extensas. Siguen casi en seguida los vómitos, cuyo contenido es fuertemente alcalino, de color pardo amarillento por la presencia de sangre, en la que la hemoglobina se ha transformado en hematina alcalina; a menudo estos vómitos arrastran fragmentos de mucosa esofágica o gástrica. La deglución se hace difícil y dolorosa, lo que viene aun agravado por la abundante salivación que tiene el enfermo y que se ve obligado a dejar fluir por la boca.

En esta fase suele producirse la muerte si la cantidad y concentración del cáustico son elevadas. En unas ocasiones interviene el edema de glotis, por haber alcanzado el álcali la laringe. Más frecuentemente es que se instaure un estado de shock con sudores fríos, descenso progresivo de la temperatura, pulso débil e irregular, mal estado general y postración, que conduce al colapso circulatorio.

Si el enfermo sobrevive, aparecen los síntomas propios de la segunda fase. Esta se caracteriza por la evolución de las perforaciones cáusticas, en la que amenazan dos peligros: La perforación con las consiguientes complicaciones de vecindad (mediastinitis y peritonitis) y las infecciones, primero locales y después generalizadas.

Se observan diarreas, a menudo sanguinolentas, y hemorragias gastrointestinales.

Puede observarse también la obstrucción de las vías respiratorias superiores cuando ha habido aspiración del álcali.

Finalmente, la tercera fase de la intoxicación corresponde al período cicatrizal, con la producción de estrecheces, que, como se ha señalado, son más intensas y extensas que las debidas a la caracterización por ácidos, debido a la mayor capacidad de difusión de los álcalis. Puede afirmarse que toda persona que ha ingerido un cáustico alcalino en solución bastante concentrada para producir vivos dolores, fatalmente sufrirá estrechez de esófago y, posiblemente, de estómago. Estas atresias son muy precoces y, de ordinario, tan densas y completas que ocasionan la muerte por inanición.

c) Anatomía patológica. Las lesiones que se encuentran en los cadáveres de las personas que han sufrido intoxicación cáustica por álcalis son similares a las debidas a los ácidos, con ciertas diferencias muy significativas. Pero el aspecto de tales lesiones difiere según el momento en que se haya producido la muerte. Si ocurrió durante la primera fase, predominan, con todos sus caracteres específicos, las lesiones corrosivas de las mucosas digestivas; en la segunda fase se observan lesiones consecutivas a la perforación de las incisiones y complicaciones infecciosas (tanto en el caso de los ácidos como en el de los álcalis se han encontrado focos bronconeumónicos debidos a regurgitación y aspiración del líquido gástrico cáustico); en los casos tardíos,

el cadáver aparece enflaquecido como resultado de la inanición, y se demuestran en la autopsia las lesiones atrésicas.

Una descripción inmejorable de las lesiones halladas en los casos de muerte inmediata es la siguiente:

<< La boca y la laringe están salpicadas de manchas de color blanco sucio, constituidas por el epitelio necrosado, que ha menudo se desprende en colgajos; la mucosa, en todo su entorno, está tumefacta y ofrece los signos de una inflamación que puede extenderse a toda la cavidad bucal. Las mismas lesiones, sólo que más acentuadas en su tercio inferior, presenta el esófago.

El estómago está contraído generalmente; la mucosa y submucosa muy engrosadas, forman voluminosos pliegues; la mucosa aparece reblandecida, como gelatinosa, de un rojo moreno, con incisiones blancas y negruscas en las regiones sobre las que el cáustico estuvo en contacto por mas tiempo. En otras regiones, especialmente en el ápice de los pliegues, puede comprobarse la transparencia y untuosidad de los tejidos.

En el estómago se encuentra casi siempre una cantidad de mucus claro. La perforación de este órgano no es frecuente, tan sólo cuando el veneno ha sido ingerido en gran cantidad y muy concentrado; se produce, mas generalmente, post mortem. En ciertos casos, el cáustico, sin perforar el estómago, pasa a través de sus paredes y cauteriza la superficie de los órganos vecinos, que presentan entonces, de manera muy visible, la tumefacción, el

reblandecimiento y la transparencia que son características de la acción de los álcalis.

<< La cauterización puede observarse, también sobre la mucosa del intestino delgado, seguida, después, de inflamación. La cauterización, a medida que se aleja del estómago, es cada vez menos marcada; luego desaparece, en tanto que la inflamación se propaga a mayor distancia. Cuando la persona ha tenido una larga supervivencia, las lesiones ofrecen otras características: Las incisiones se han desprendido, quedando ulceraciones, a veces sangrantes, más rara vez perforadas, con la reacción peritoneal consiguiente.

Por último, las muertes tardías se caracterizan, desde el punto de vista lesional, por la caquexia extrema del sujeto y las estenosis cicatrizales, por lo general muy profundas y cuya localización suele recaer en el esófago, sobre todo en las proximidades del cardias.

### 3.3 Acción fisiológica del amoníaco

Como se mencionó anteriormente, la toxicidad del amoníaco se debe en gran parte a su penetración en los tejidos, por la formación de hidróxido de amonio con la humedad y, en general, a nivel interno actúa prácticamente como una base, como la sosa o la potasa.

En general, el amoníaco es considerado como un veneno fatal cuando es inhalado o absorbido a través de la piel.

En contacto con él, puede causar quemaduras a la piel y ojos.

Son un alto riesgo, sobre todo los vapores de amoníaco cuando actúan a alta presión sobre piel y mucosas, como los que proceden de fugas en instalaciones frigoríficas. Existen muchos casos de intoxicación amoniacal en la industria química, por ejemplo en las fábricas de seda artificial, en la industria de espejos de plata, etc. Las lesiones crónicas se producen en la industria y también por los gases provenientes de las alcantarillas.

Se consideran como dosis mortal, por vía gástrica, 20 a 30 mililitros de la solución acuosa de amoníaco. Una concentración de 0.1 mg/l de aire actúa como irritante (144 centímetros cúbicos de gas amoníaco por metro cúbico de aire); sin embargo, puede obtenerse el hábito a concentraciones hasta diez veces mayores.

Como el amoníaco penetra fácilmente a través de los tejidos, el efecto cáustico sobre la piel y las mucosas alcanza considerable profundidad.

a) Intoxicación aguda por el amoníaco. El amoníaco, en forma de gas o de solución, produce en la piel dolor, rubicandez inflamatoria y vesicación. Es muy peligroso para los ojos, donde no sólo puede producir inflamación, opacidad de la córnea y ceguera, sino la colicación del órgano entero.

En la inhalación del amoníaco concentrado puede producirse asfixia por espasmo o por edema de la glotis. En caso de acción más leve produce irritación intensa de los ojos, fosas nasales, de

la faringe, con tos, disnea, expectoración sanguinolenta, neumonía y edema pulmonar. Interiormente produce gastritis con violentos dolores, vómitos sanguinolentos y colapso. Al ingerir soluciones de amoníaco volátil pueden producirse neumonía y edema de la glotis.

El edema pulmonar consiste en una infiltración serosa del parénquima del pulmón con rezumamiento final del líquido en los alveolos y bronquiolos. Al mezclarse el aire respiratorio con el líquido del edema se forman burbujas gaseosas que dificultan mucho o incluso impiden el recambio gaseoso. El edema pulmonar grave y que no responde a la terapéutica provoca asfixia.

Las causas del edema pulmonar no se han aclarado por completo. Casi siempre en su génesis participan distintos factores. Y en la mayoría de las ocasiones se debe atribuir el cuadro clínico a una de las tres causas siguientes:

1. Aumento de la tendencia al trasudado
2. Capacidad de resorción disminuída
3. Incremento del volumen del líquido extracelular

La carencia de oxígeno favorece la formación de edema pulmonar por perturbación directa de la circulación pulmonar, y además por lesión de la membrana alveolocapilar. La hipoxia origina una destrucción morfológicamente reconocible de la estructura citoplasmática en los alveolos y capilares. De esto se derivan trastornos de la permeabilidad y se amplían los caminos de

difusión del oxígeno. Entonces el endotelio de los capilares pulmonares se torna especialmente sensible a la carencia de oxígeno, pues, al contrario de otros capilares, cubre sus necesidades de oxígeno directamente del aire respirado.

Por otra parte, debido a la carencia de oxígeno se produce aumento de la presión arterial en el lecho hemático pulmonar y contracción de las venas pulmonares. Por consiguiente, la hipoxia debe considerarse un factor patógeno decisivo del edema de pulmón.

Clínicamente hablando, el edema pulmonar se manifiesta principalmente en dos formas:

1. En los pacientes con hipertensión, sobre todo en las cardiopatías hipertónicas, insuficiencia aórtica o mitral y crisis de los vasos cerebrales y en los que reciben infusiones o transfusiones masivas. Estos enfermos, además de la hipertensión muestran aumento de la velocidad circulatoria de la sangre, mayor volumen minuto cardiaco y aumento excesivo de la presión en la arteria pulmonar.
2. En los pacientes con hipotensión, por ejemplo, tras extenso infarto de miocardio, en la estenosis de la válvula mitral o la aórtica y en las intoxicaciones después de respiración de gases tóxicos o de un infarto pulmonar. Durante el acceso estos pacientes no muestran alteración alguna o una caída de la presión sanguínea arterial, descenso del volumen minuto cardiaco y gran aumento de la presión en la arteria pulmonar.

Los síntomas del edema pulmonar son abundantes y guardan estrecha

relación con la etiología. De éste cuadro clínico son típicos:  
*Disnea.* A consecuencia de la rigidez del pulmón provocada por la colección intersticial de líquido, que aumenta el trabajo respiratorio y dificulta el recambio gaseoso.

La ventilación resulta aún mas limitada por la formación de burbujas de aire y de espuma en los alvéolos, bronquiólos y a veces en la tráquea.

*Expectoración sanguinolenta y espumosa* debida al trasudado de líquido cargado de hemoglobina en los alvéolos.

*Ataques nocturnos* por aumento de la volemia torácica en las horas de la noche y por una posible hipoxia provocada por la reducción respiratoria propia del sueño, por ejemplo en los pacientes de edad avanzada.

*Fiebre*, en los edemas pulmonares de larga duración consecutiva a la invasión de procesos inflamatorios. El diagnóstico se establece casi siempre por la disnea, la expectoración sanguinolenta y espumosa, la cianosis y el estertor traqueal. La exploración física es suficiente en la mayoría de los casos, y a ella cabe sumar la radiografía, que muestra sombras maculares finas o como granos gruesos, muy parecidas a focos bronconeumónicos. El edema pulmonar comienza muy a menudo con una fase previa de intranquilidad, depresión, tos seca y ligera disnea, que representan los síntomas premonitorios.

b) Intoxicación crónica por el amoníaco. Se manifiesta por

inflamación ocular, opacidad de la córnea, catarros bronquiales, y a veces espectoración sanguinolenta y trastornos digestivos.

c) Hallazgos de autopsia. En intoxicaciones recientes, la presencia del amoníaco se comprueba en el cadáver por el olor y, objetivamente, por la formación de niebla con vapores de ácido clorhídrico. Se encuentra, así mismo, inflamación de las vías respiratorias, enrojecimiento inflamatorio e hinchazón, hematina alcalina rojo-marrón en el estómago, cuya cauterización nunca es tan intensa como la de la lejía de potasa o sosa.

#### 3.4 Estudio Toxicológico del amoníaco

Ya se ha mencionado que la toxicología del amoníaco se debe principalmente a su acción sobre los tejidos húmedos y a su comportamiento como base.

Podemos resumir las propiedades toxicológicas del amoníaco, de la siguiente manera:

El amoníaco es un gas irritante, con propiedades similares a las de cualquier álcali y, de acuerdo a la clasificación proporcionada por la National Fire Protection Association (NFPA), se clasifica como de grado 3 por sus efectos en la salud; el No. 3 en tal clasificación equivale a sustancias que causan daños severos a la salud: Exposiciones por corto tiempo podrían causar serios daños temporales o residuales, aún cuando se preste atención médica inmediata.

- En contacto con los ojos causa daños superiores residuales, a pesar de dar un pronto tratamiento médico: Quemaduras en córnea, irritación, ceguera y coagulación total en casos extremos.
- Causa serios daños residuales al sistema respiratorio, no obstante un rápido tratamiento médico. Origina edema pulmonar.
- Provoca en la piel daños menores, aunque se preste atención médica oportuna. Sin embargo, en presencia de humedad, los daños se intensifican por una mayor absorción a través de las membranas. Causa irritación intensa y quemaduras.
- Si se ingiere amoníaco en solución al 25%, 20 a 30 ml. pueden ser mortales por daños en tórax y abdomen y perforación gástrica o esofágica, provocando exacerbación del dolor abdominal, fiebre y rigidez de los músculos de la pared abdominal.

En la tabla de la página siguiente se muestra un resumen de los efectos fisiológicos del amoníaco, cuando la ruta de acceso al cuerpo humano es por inhalación.

Los efectos dañinos al organismo están en función de diversos factores, como los mencionados al principio de este capítulo.

Uno de los principios de la toxicología es el estudio de la relación dosis-efecto, y en este breve apartado se describen algunos conceptos elementales que utiliza la toxicología, que son necesarios conocer para tener una idea general de los efectos causados por un material tóxico en el organismo cuando ha estado expuesto a una cierta concentración de contaminante.

## EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL AMONÍACO

---

### Concentración,

(ppm)

### E f e c t o s

20	Primera percepción de su olor
40	Pocas personas pueden sufrir ligera irritación de los ojos
100	Irritación notable de ojos y fosas nasales después de unos pocos minutos de exposición
400	Irritación severa de la garganta, fosas nasales y sistema respiratorio superior
700	Irritación severa en ojos, no hay efecto permanente si la exposición es menor de media hora
1,700	Tos severa, espasmo bronquial, menos de una hora de exposición puede ser fatal
5,000	Edema severo, estrangulación, asfixia, casi siempre fatal inmediatamente.

La relación dosis-efecto es el factor más importante en el estudio de la toxicología industrial en humanos. La relación entre la dosis del producto químico y el número y clases de efectos inducidos en la salud en unas pruebas es determinada trazando los datos (dosis administrada contra efectos demostrados) y obteniendo una curva de dosis-reacción.

El Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional

(NIOSH) de Estados Unidos, define un número de términos generales de dosis-reacción, de los cuales algunos se mencionan aquí y se reportan sus valores correspondientes para el amoniaco.

\* Concentración Tóxica Baja (TCLo) de una sustancia, es la concentración en el aire a la cual han sido expuestos humanos o animales por un periodo de tiempo dado y que no ha producido algún efecto tóxico en humanos o bien efectos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos en animales o humanos. El valor reportado para el amoniaco es de 20 partes por millón (ppm).

\* Dosis Letal Baja (LDLo) es la dosis más baja de una sustancia introducida por cualquier ruta, a excepción de inhalación, durante algún periodo de tiempo dado en una o mas porciones divididas y que han reportado haber causado muertes en animales y humanos. El valor reportado en casos de seres humanos es de 132 mg/kg.

\* Concentración Letal Baja (LCLo). Es la más baja concentración de una sustancia en el aire, la cual ha sido reportada como causante de muertes en animales o humanos.

Las concentraciones reportadas pueden ser administradas por periodos de exposición menores de 24 horas (aguda) o mayores de 24 horas (subaguda y crónica).

En el caso del amoniaco, para un ser humano adulto, se encuentra que el valor de LCLo es de 5000 ppm/5 horas.

\* Dosis Letal Cincuenta (LD50). La Dosis Letal Cincuenta describe el nivel de dosis química que se ha demostrado ser causante de la

muerte del 50% de una población animal experimental definida. La LD<sub>50</sub> es determinada de la exposición a la sustancia química por cualquier ruta que sea diferente de la inhalación, en un número significativo de la población. Aunque el término Dosis Letal Cincuenta es el más usado, también se emplean en menor grado los de LD<sub>25</sub> o LD<sub>100</sub>. Estos términos representan el 25% y 100% de los animales respectivamente. El valor de LD<sub>50</sub> para amoníaco administrado a ratas es de 35 mg/kg.

\* **Concentración Letal Cincuenta.** Es una concentración del material tóxico en el aire, exposición a la cual por un tiempo específico se espera que cause la muerte del 50% de una población experimental definida. No existe un valor reportado para seres humanos para el amoníaco.

No hay una división correcta entre lo que es una concentración letal y no letal. Sin embargo, con el fin de adecuar el control de sustancias, con alguna concentración se deben identificar, abajo de la cual, la exposición debe ser segura.

Este nivel de exposición segura, ha sido llamado Valor Límite de Umbral (TLV en inglés), y es la máxima concentración a la cual se debe exponer un trabajador durante un día entero de trabajo con jornada de ocho horas, sin recibir daño significativo.

El uso de los valores usuales de TLV se aplican a sustancias tóxicas que entran al cuerpo a través de inhalación al sistema respiratorio.

El valor más bajo de una curva de dosis contra respuesta es llamada Dosis Umbral. Por abajo de ésta dosis, el organismo es capaz de desintoxicar y eliminar el agente sin efectos detectables. En realidad, la respuesta es sólo nula cuando la dosis es cero, pero para pequeñas dosis la respuesta no es detectable.

Cada sustancia tiene un único valor de TLV. Los TLVs se refieren a la concentración en aire que corresponden a las condiciones donde no se esperan efectos adversos durante el tiempo de vida de un trabajador. Las exposiciones ocurren durante horas de trabajo normal, ocho horas por día y cinco días a la semana.

Los contaminantes en el aire generalmente están clasificados de acuerdo a tres diferentes categorías de TLV, que son listados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Estas tres categorías son:

- \* TLV-TWA (Time Weighted Average).
- \* TLV-STEL (Short Term Exposure Limit).
- \* TLV-CEILING (C).

El TLV-TWA es la concentración media en un día de trabajo normal de 8 horas, o 40 horas a la semana, a la cual la exposición del trabajador podría ocurrir sin consecuencias en su salud.

El TLV-STEL (Límite de exposición por un período corto), es la concentración máxima a la cual la exposición de un trabajador puede ocurrir por un período de 15 minutos, sin que se presente irritación intolerable, cambios crónicos o irreversibles en los

tejidos o narcosis.

El TLV-C es aquella concentración que nunca debe ser excedida en cualquier tiempo durante la jornada de trabajo. Un líquido tóxico volátil con bajo valor de TLV-C, por ejemplo, sería tratado con extrema precaución en el lugar de trabajo porque podría ocurrir un pequeño derrame, que traería consecuencias letales a la salud.

Los valores para el amoníaco de estos importantes parámetros son: TLV-TWA = 25 ppm; TLV-STEL = 35 ppm y TLV-C = 50 ppm.

Otro concepto de gran importancia en el estudio de gases es el denominado Límite de Inhalación por un período corto y se refiere a una concentración límite a la cual se puede estar expuesto por un período no mayor de 5 minutos. El valor para el amoníaco es de 50 ppm, valor que corresponde al del TLV-Ceiling.

Y finalmente, un parámetro importantísimo en el estudio de la Toxicología es el que se define como: La cantidad de material tóxico inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IDLH).

Las exposiciones a estas concentraciones o mayores cantidades deberían ser evitadas bajo cualquier circunstancia. El amoníaco tiene un valor de IDLH de 500 ppm.

Los valores de estos importantes parámetros también se regulan en México a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, en la que se contemplan sólo los valores equivalentes a TLVs, es decir, se contemplan los parámetros para personal ocupacionalmente expuesto.

En ésta Norma Oficial Mexicana se enlistan dos valores para el amoníaco: La Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPTD), concepto equivalente al TLV-TWA, con valor de 25 ppm. y la Concentración para Exposición de Corto Tiempo equivalente al TLV-STEL con valor de 35 ppm. La NOM-010-STPS-1993 se anexa al final de éste trabajo (Anexo 3).

### 3.5 Hoja de Datos de Seguridad

Con el fin de contar con la información inmediatamente disponible de las sustancias químicas que se manejan en las unidades de proceso, se ha creado la Hoja de Datos de Seguridad (HDDS) del producto, la cual proporciona los datos físicos, fisicoquímicos, sus propiedades riesgosas y las medidas a seguir para una situación de emergencia, tales como en derrames o fugas.

En las plantas de proceso deberá existir una biblioteca o pequeño acervo de información básica que deberá ser conocida por todo el personal, con el fin de que conozcan las medidas a seguir en caso de accidentes con las sustancias que manejan.

La información contenida en la Hoja de Datos de Seguridad está de acuerdo a las Dependencias Nacionales e Internacionales más importantes que regulan el manejo de sustancias, de acuerdo a los estándares establecidos por ellas mismas o por un conjunto de organismos de seguridad autorizados para la fijación de valores en ciertas propiedades.

Así, la clasificación de las propiedades riesgosas es de acuerdo a la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), y los valores de los distintos parámetros de toxicidad están fijados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGHI), la Agencia de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). En forma anexa se presenta la Hoja de Datos de Seguridad, tal como se presenta en la literatura norteamericana para hacer consultas rápidas (Anexo 4).

En México, existe un formato de Hoja de Datos de Seguridad, el cual ha sido elaborado e incluido en la Guía para la elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes de la Secretaría de Desarrollo Social, a través de la Dirección General de Normatividad Ambiental y del Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAAPPA). En dicha Hoja de Datos de Seguridad se incluyen también las regulaciones ambientales y las referentes a las Actividades consideradas altamente riesgosas, así como el apartado que regula actividades de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. En el formato mencionado, también interviene la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, en la que se fijan los valores límites de exposición en materia de salud ocupacional equivalentes a los valores de TLVs de la ACGHI y OSHA. Siguiendo éste formato, se presenta (Anexo 5) la Hoja de Datos de Seguridad del amoníaco.

## CAPITULO 4

### APLICACION DE MODELOS DE DISPERSION GASEOSA AL AMONIACO

Durante un accidente en alguna planta de proceso, pueden escapar materiales tóxicos de los equipos muy rápidamente y en cantidades suficientes como para propagarse y formar nubes de gas o vapor de alto riesgo en el sitio de la planta y en la comunidad local.

Algunos ejemplos son:

- 1.- La ruptura explosiva de los recipientes del proceso, debido a presión excesiva causada por una reacción de gran velocidad.
- 2.- Ruptura de una tubería que contiene materiales tóxicos a una alta presión.
- 3.- Ruptura de un tanque de almacenamiento que contiene material tóxico almacenado, a una presión mayor que la del punto de ebullición normal de ese material.
- 4.- También, la ruptura de un carrotanque o ferrocarril que transporta material tóxico, después de un accidente.

Los accidentes más serios que se conocen (tales como el de Bhopal, India), enfatizan la importancia de la Planeación de Emergencias, y el diseño de plantas que minimicen la ocurrencia y consecuencia de escapes de materiales tóxicos.

Los Modelos de Escape de materiales tóxicos se usan comunmente para estimar los efectos causados al ambiente y a la comunidad, de un posible escape dentro de la planta.

Un excelente Programa de Seguridad estriba en identificar los posibles problemas antes de que ocurran. Los ingenieros químicos deben entender todos los aspectos del escape de materiales tóxicos para prevenir la existencia de situaciones de escape y reducir su impacto, si éste ocurre. Esto requiere un Modelo de Escape de materiales tóxicos.

Hay tres pasos en la utilización de un Modelo de Escape de Materiales tóxicos.

1. Identificar las Bases del Estudio. Qué situaciones del proceso pueden conducir a un escape, y cuál es la peor situación?.
2. Desarrollar un Modelo Fuente para describir cómo los materiales son escapados así como la velocidad de escape.
3. Usar un Modelo de Dispersión que describa cómo se dispersan los materiales fugados en todas las áreas adyacentes.

El énfasis principal del Modelo de Escapes de materiales tóxicos es proveer una herramienta útil para la mitigación de los mismos.

Los Modelos Fuente y de Dispersión predicen el área afectada y la concentración de gas o vapor en las áreas cercanas. Las bases de estudio son valiosas para la eliminación de situaciones que provocarían un escape.

Se aprovechan varias opciones, basadas en las predicciones del Modelo de Escape de sustancias tóxicas. Por mencionar algunas:

- (1) Desarrollar un Plan de Respuesta a Emergencias con las comunidades vecinas,
- (2) desarrollar modificaciones de ingeniería

para eliminar la fuente de los escapes, (3) encerrar escapes potenciales y adicionar limpiadores de desfogue u otros equipos para remover vapores, (4) reducir inventarios de materiales riesgosos para minimizar la cantidad escapada, y (5) adicionar monitores de área para detectar fugas incipientes y proveer un bloque de válvulas y controles de ingeniería para eliminar niveles riesgosos de fugas y derrames.

#### 4.1 Bases de Estudio

Las Bases de Estudio son los criterios que se aplican para conocer y describir los principales escenarios de escape de materiales tóxicos; dichos estudios muestran las situaciones que llevan a la generación de eventos catastróficos. Las Bases de Estudio también ayudarán a determinar una Filosofía de Operación tal que permita identificar los riesgos potenciales e implementar las medidas de mitigación correspondientes.

Para cualquier instalación química razonablemente compleja, son posibles miles de escenarios de escape; no es práctico elucidar cada escenario. La mayoría de los estudios de escapes de materiales tóxicos estriban en determinar el escape prácticamente más grande y el escape potencial más grande. Los escapes que se consideran prácticamente más grandes incluyen escapes que tienen una posibilidad de ocurrencia; éstos incluyen rupturas de tubería, orificios en tanques de almacenamiento y recipientes de proceso,

derrames en el suelo y situaciones similares.

El escape potencialmente más grande es una situación catastrófica que resulta en un gran escape de materiales de alto riesgo; aquí se incluyen derrames del contenido de un tanque, ruptura de una gran tubería, ruptura explosiva de reactores, y situaciones similares.

El desarrollo de unas Bases de Estudio propias requiere técnica, experiencia y conocimientos considerables del proceso. La identificación de procedimientos de alto riesgo es muy útil.

Las Bases del Estudio establecen los criterios que describen: (1) cuál fue el error que originó la fuga, (2) el estado físico del material tóxico escapado (sólido, líquido o vapor), y (3) el mecanismo de escape (tubería rota, orificios en recipientes de almacenamiento, etc.)

#### 4.2 Modelos Fuente

El propósito de los Modelos Fuente es determinar (1) el estado físico del material escapado, sólido, líquido o vapor, (2) la cantidad total de material escapado y, (3) la velocidad de escape. Esta información se requiere para aplicarla a cualquier estudio cuantitativo de Modelos de Dispersión de gases.

La mayoría de los accidentes en plantas químicas resultan de derrames de materiales tóxicos, inflamables, etc. Por ejemplo, material escapado por orificios en tanques y tuberías, de fugas en

bridas, bombas y válvulas, y una gran variedad de fuentes.

Los Modelos Fuente representan el proceso del material escapado. Proveen información útil para determinar las consecuencias de un accidente, incluyendo la velocidad y cantidad del material que se fuga, así como su estado físico al momento de la fuga. Esta información es valiosa para la evaluación del diseño de nuevos procesos, mejoramiento de procesos y de la seguridad de los ya existentes.

Los Modelos Fuente están basados en ecuaciones empíricas que representan los procesos físicos que ocurren durante el escape de materiales. Para una planta razonablemente compleja, se necesitan muchos Modelos Fuente para describir el escape de materiales.

Algunas veces se requiere hacer modificaciones de los modelos originales para adecuarlos a situaciones específicas.

Frecuentemente, los resultados son solamente estimaciones de las propiedades físicas de los materiales que no están adecuadamente caracterizados, o los mismos procesos físicos no están entendidos completamente.

Si existe incertidumbre, los parámetros deberían ser seleccionados para maximizar la cantidad y velocidad de escape. Esto asegura que un diseño está "en el lado seguro".

Los mecanismos de escape se clasifican en escapes de aperturas amplias y limitadas.

En el caso de aperturas amplias, se desarrolla un gran orificio en

alguna parte de la unidad del proceso, escapando una cantidad substancial del material en un corto tiempo. Un ejemplo excelente es la sobrepresión y explosión de un tanque de almacenamiento.

Para el caso de aperturas limitadas, el material se escapa a una lenta velocidad de modo que las condiciones de la corriente de fluido no son inmediatamente afectadas; ésto supone que la presión constante de la corriente es frecuentemente válida.

En escapes de apertura limitada el material es arrojado por orificios y grietas en tanques y tuberías, derrames en bridas, válvulas y bombas y tuberías dañadas o rotas.

Los sistemas de desfogue, diseñados para prevenir la sobrepresión de tanques y recipientes de proceso, son también fuentes de escape de material.

Para gases o vapores almacenados en un tanque, un escape resulta como un chorro de gas o vapor. Para líquidos, un derrame por abajo del nivel del líquido en un tanque causa una corriente de líquido escapando.

Si el líquido es almacenado bajo presión arriba de su punto de ebullición normal, un derrame abajo del nivel del líquido resultaría en una corriente de líquido flasheándose parcialmente en vapor. Pequeñas gotas de líquido o en forma de aerosoles pueden también formarse del flasheo de líquidos, con la posibilidad de transportarse del derrame por las corrientes de aire. Un derrame en el espacio donde hay vapor, arriba del nivel del líquido, puede

resultar en una corriente de vapor, de líquido o de ambas fases.

Hay varios Modelos Fuente que se usan comunmente para describir los fenómenos de escape o fuga de materiales. Los Modelos fuente son la descripción de los fenómenos del flujo de fluidos, basados en los fenómenos de transporte.

Los Modelos fuente de flujo de fluidos están basados en los estudios de mecánica de fluidos cuyo desarrollo se comprende a través de los principios de la conservación de la materia, la conservación de la energía y las leyes del movimiento postuladas por Isaac Newton. También se utilizan algunas de las leyes de la termodinámica para el estudio de los fluidos compresibles.

El uso de éstos principios nos permite no sólo explicar y establecer relaciones entre los fenómenos observados, sino también predecir, por lo menos aproximadamente, el comportamiento de los fluidos sometidos a un conjunto de condiciones específicas.

El estudio del flujo de fluidos tiene como base principal las leyes del movimiento de Newton y los principios de conservación del momento. Dentro de los mecanismos de transporte molecular, el transporte de momento es de mayor interés para comprender los modelos de flujo de fluidos. El transporte de momento ocurre en gases y líquidos que fluyen.

Isaac Newton (1642-1727) estableció, a través de sus leyes del movimiento que la fuerza que se requiere para acelerar una masa  $m$  es igual a la masa por la aceleración  $F_{gc} = ma$ , y que la fuerza

cortante que acelera a la masa es igual a la velocidad de cambio de momento con el tiempo.

Tanto el flujo de fluidos compresibles como incompresibles tienen entonces como base los principios del transporte de momento.

El transporte de momento ocurre cuando existen diferencias en la velocidad del fluido. El momento se transporta desde la región de mayor velocidad hacia la región de menor velocidad, por medio de mecanismos de migración y colisión.

Los estudios del mecanismo de transporte molecular establecen que el flujo de la propiedad (masa, calor o momento) que se transfiere es proporcional al gradiente de concentración de esa propiedad.

En el caso de la propiedad momento, la expresión del flujo se establece con la siguiente ecuación:  $F_{ygc} = d(mv)/d\theta$ . Y expresa que la fuerza cortante que acelera a la masa es igual a la velocidad de cambio de momento con el tiempo. La fuerza cortante por unidad de área se conoce como esfuerzo cortante.

Aunque el presente trabajo no está dedicado a realizar un estudio de flujo de fluidos, es necesario mencionar finalmente, antes de analizar los Modelos fuente, que con el conocimiento de las leyes del movimiento de Newton y el principio de conservación del momento se llegó al establecimiento de que los fluidos tienen propiedades características, que son necesarias conocer para explicar los fenómenos de flujo. Así, es indispensable conocer la difusividad del momento.

Para gases y líquidos la difusividad del momento se define como  $\tau_{yc} = -\nu d(\rho v)/dx$ . La difusividad del momento recibe también el nombre de viscosidad cinemática.

La viscosidad absoluta se define por medio de:  $\tau_{yc} = -\mu (dv/dx)$ , donde  $\mu = \nu\rho =$  viscosidad absoluta, que se expresa en kg/m.s. La viscosidad absoluta puede variar con la temperatura, presión y gradiente de velocidad. Si  $\mu$  es constante con respecto a  $dv/dx$ , entonces la última expresión que define a la viscosidad absoluta es un enunciado de la Ley de Newton. Esta ley es tan sólo un enunciado de la viscosidad absoluta, con base en un modelo que supone que la viscosidad no varía con el gradiente de velocidad. Si bien éste modelo resulta adecuado para gases reales, muchos líquidos tienen viscosidades que varían con  $dv/dx$ . Se conocen como líquidos no newtonianos, debido a que no obedecen dicha ecuación.

Los principales modelos fuente son:

- \* Flujo de líquidos a través de un orificio
- \* Flujo de líquidos a través de un orificio en un tanque
- \* Flujo de líquidos a través de tuberías
- \* Flujo de vapor a través de un orificio
- \* Flujo de vapor a través de tuberías
- \* Flasheo de líquidos

Aquí se analizarán solamente los tres últimos, que son de mayor interés para su aplicación a los Modelos de Dispersión Gaseosa en el estudio del amoníaco.

### *Flujo de vapor a través de orificios*

Frecuentemente, en el flujo de líquidos los cambios de energía cinética son despreciables y las propiedades físicas tales como la densidad permanecen constantes. Para flujo de gases y vapores éstas suposiciones son válidas solamente para pequeñas variaciones en la presión ( $\Delta P < 10\%P_i$ ) y bajas velocidades. La energía que contiene el gas como resultado de su presión es convertida en energía cinética conforme el gas o vapor se escapa y expande a través del orificio. La densidad, presión y temperatura cambian conforme el gas o vapor sale a través del orificio.

Las descargas de gases y vapores están clasificadas en escapes de estrangulamiento y de expansión libre. Para procesos de estrangulación, el gas sale a través de un orificio con grandes pérdidas de fricción; muy poco de la energía del gas se convierte en energía cinética. Para escapes de tipo expansión libre, la mayor parte de la energía de presión del gas se convierte en energía cinética; la suposición de que el proceso se lleva a cabo isoentrópicamente es generalmente válida.

Los modelos fuente para escapes de estrangulamiento requieren información detallada de la estructura física del orificio y no se considerará aquí. Los modelos fuente de expansión libre requieren únicamente el diámetro del orificio.

Para describir un escape de expansión libre se requiere desarrollar un Balance de Energía, que describa el flujo de gases

o vapores compresibles. Para llegar a la formulación final que describe el comportamiento deseado, es necesario iniciar con el Balance General de Energía, que describe las varias formas de energía asociadas con el flujo de fluidos.

$$\int_{P_0}^P V dP + \int_{u_0}^u \frac{u du}{g_c \alpha} + \int_{z_0}^z \frac{g}{g_c} dZ + (\Sigma F) = -W \quad (4.1)$$

dónde:

P es la presión (fuerza por unidad de área)

V es el volumen específico (volumen/masa)

u es la velocidad lineal promedio del fluido (longitud/tiempo)

$g_c$  es la constante gravitacional (longitud.masa/fuerza tiempo<sup>2</sup>)

$\alpha$  factor de corrección para el perfil de la velocidad, con los siguientes valores:

= 0.50 para flujo laminar

= 1.0 para flujo en el estado de transición, y

mayor de 1 para flujo turbulento.

g es la aceleración debida a la gravedad (longitud/tiempo<sup>2</sup>)

Z es la altura por encima de un nivel de referencia (m)

$\Sigma F$  representa a las pérdidas por fricción (longitud.fuerza/masa)

W es el trabajo total realizado por el sistema

La integral  $\int V dP$  es equivalente a la integral  $\int dP/\rho$  ya que el volumen específico corresponde al inverso de la densidad. Para el caso que se está tratando, se supone que los cambios de energía

potencial son despreciables y que no se realiza trabajo. Así el Balance de Energía para describir el flujo de fluidos compresibles a través de orificios involucrando a la densidad es:

$$\int \frac{dP}{\rho} + \Delta \left( \frac{u^2}{2g_c} \right) + \Sigma F = 0 \quad (4.2)$$

Si se define un coeficiente de descarga de la siguiente forma:

$$- \int \frac{dP}{\rho} - \Sigma F = C_d^2 \left( - \int \frac{dP}{\rho} \right) \quad (4.3)$$

Estas dos últimas ecuaciones se combinan para después hacer la integración entre dos límites convenientes. El primer límite se selecciona considerando velocidad inicial 0 y la presión  $P_0$ . El segundo límite de la integral es un punto arbitrario.

$$C_d^2 \int_{P_0}^P \frac{dP}{\rho} + \frac{u^2}{2g_c} = 0 \quad (4.4)$$

Para una expansión isentrópica de un gas ideal, se tiene que:

$$(PV)^\gamma = \frac{P}{\rho^\gamma} = \text{constante} \quad (4.5)$$

donde  $\gamma$  es la relación de las capacidades caloríficas  $C_p/C_v$ . Substituyendo esta última ecuación en la (4.4), y definiendo un nuevo coeficiente de descarga  $C_o = C_d \sqrt{\alpha}$  y luego haciendo la integración de la ecuación resultante para mostrar la velocidad del fluido en cualquier punto durante la expansión isentrópica, se llega a la siguiente ecuación (4.6)

$$u^2 = 2g_c C_o \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{P_0}{\rho_0} \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] = \frac{2g_c C_o R T_0}{M} \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right]$$

Esta ecuación incorpora la ley del gas ideal para la densidad inicial  $\rho_0$ , R es la constante de los gases y  $T_0$  es la temperatura de la fuente de escape. Usando la ecuación de continuidad  $Q_m = \rho u A$  y la ley del gas ideal en expansiones isentrópicas  $\rho = \rho_0 \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/\gamma}$  resulta una expresión para la velocidad de flujo másico:

$$Q_m = CoA P_0 \sqrt{\frac{2gcM}{RT_0} \frac{\gamma}{\gamma-1} \left[ \left(\frac{P}{P_0}\right)^{2/\gamma} - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{(\gamma+1)/\gamma} \right]} \quad (4.7)$$

La ecuación anterior describe el flujo másico durante una expansión isentrópica.

Para muchos estudios de seguridad, es necesario conocer la velocidad de flujo máximo de vapor a través de un orificio.

Esto se determina diferenciando la ecuación (4.7) respecto a  $P/P_0$  e igualando el resultado a cero. El resultado se expresa como una razón de presiones en el flujo máximo:

$$\frac{P_{critico}}{P_0} = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (4.8)$$

La presión de estrangulamiento es la máxima presión corriente abajo resultante en flujo máximo a través del orificio o tubería. Para presiones menores que  $P_{critico}$  son válidas las siguientes aseveraciones: (1) la velocidad del fluido en la garganta del orificio es la velocidad del sonido en las condiciones que prevalecen y (2) la velocidad y flujo másico no se puede elevar más que por reducción de la presión corriente abajo; éstos parámetros son independientes de las condiciones corriente abajo.

Este tipo de flujo es llamado de estrangulamiento, crítico o flujo sónico.

Una característica interesante de la ecuación (4.8) es que para gases ideales, la presión de estrangulación es una función solamente de la razón de capacidades caloríficas  $\gamma$ . Así, se tienen las siguientes aproximaciones:

Gas	$\gamma$	Peritico
Monoatómico	1.67	0.487P
Diatómico y aire	1.40	0.528P
Triatómico	1.32	0.542P

Para una fuga de aire a condiciones atmosféricas ( $P_{\text{crítico}} = 14.7$  psia), y si la presión de la corriente gaseosa es más grande que  $14.7/0.528 = 27.8$  psia, o 13.1 psig, el flujo será estrangulado y máximo a través del orificio. Las condiciones que llevan a procesos de estrangulamiento son muy comunes en los procesos industriales.

El flujo máximo se determina substituyendo la ecuación (4.8) en la (4.7), de las cuales resulta:

$$C_{Qm}^{\text{crítico}} = C_o A P_o \sqrt{\frac{\gamma g c M}{R T_o} \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma + 1)/(\gamma - 1)}} \quad (4.9)$$

donde M es el peso molecular del vapor o gas que se escapa,  $T_o$  la temperatura de la fuente de fuga, y R la constante de los gases.

### Flujo de vapor a través de tuberías

El flujo de vapor a través de tuberías se hace considerando dos casos especiales: Comportamiento adiabático y comportamiento isotérmico. El caso de flujo adiabático corresponde a flujos rápidos de vapor a través de una tubería aislada. El caso de flujo isotérmico corresponde a flujos a través de tuberías manteniendo una temperatura constante. Los flujos reales de vapor funcionan algunas veces como comportamiento adiabático e isotérmico. Por desgracia, el caso "real" es muy difícil de modelizar y no existen ecuaciones disponibles de uso generalizado.

En ambos tipos de comportamiento, es conveniente definir el Número de Mach como el cociente que resulta de dividir la velocidad del gas entre la velocidad del sonido en el gas, a las condiciones de operación en un instante dado:

$$Ma = \frac{u}{a}$$

dónde  $a$  es la velocidad del sonido. La velocidad del sonido se determina usando la relación termodinámica siguiente:

$$a = \sqrt{g_c \left( \frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s}$$

la cual, para un gas ideal es equivalente a:

$$a = \sqrt{\gamma g_c R T / M}$$

lo cual demuestra que, para gases ideales la velocidad sónica es una función solamente de la temperatura.

Para el aire a 20°C la velocidad del sonido es 344 m/s.

#### \* Flujo Adiabático

Para éste caso particular la velocidad a la descarga es menor que la velocidad sónica. El flujo se produce debido a un gradiente de presión a través de la tubería. Conforme el gas fluye por la tubería, éste se expande debido a una reducción en la presión. Esta expansión lleva a un incremento en la velocidad y en la energía cinética del gas. La energía cinética es extraída de la energía térmica del gas, y la temperatura se reduce.

Sin embargo las fuerzas de fricción están presentes entre el gas y la pared de la tubería. Esas fuerzas de fricción incrementan la temperatura del gas. Dependiendo de la magnitud de las energías cinéticas y de fricción, habrá un incremento o disminución en la temperatura del gas.

El Balance de Energía también es aplicable al caso de flujos de tipo adiabático; para éste caso es más conveniente escribirlo en la forma diferencial:

$$V dP + \frac{udu}{agc} + \frac{g}{gc} dz + dF = - \delta W \quad (4.10)$$

Para éste caso, se suponen válidas las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \frac{g}{gc} dz &= 0 \\ dF &= \frac{2fu^2 dL}{gcd} \\ \delta W &= 0 \end{aligned}$$

Se supone además que el Factor de Fanning  $f$  es constante a través de la longitud de la tubería.

Esta suposición es solamente válida para altos valores del Número de Reynolds.

Sin embargo es necesario hacer un Balance de Energía total para describir los cambios de temperatura con el flujo del gas. El balance viene dado por:

$$dh + \frac{udu}{\alpha g_c} + \frac{g}{g_c} dz = \delta q - \delta W \quad (4.11)$$

dónde  $h$  es la entalpía del gas y  $q$  es el calor intercambiado en el proceso. También son válidas las siguientes suposiciones:

$$dh = C_p dT \quad \text{para gas ideal}$$

$$\frac{g}{g_c} dz = 0$$

$$\delta q = 0 \quad \text{por ser proceso adiabático}$$

$$\delta W = 0 \quad \text{no hay realizacion de trabajo}$$

Las suposiciones anteriores se aplican a las ecuaciones (4.10) y (4.11). Como resultado de la combinación, integración y rearrreglo de esas dos ecuaciones, se obtiene la siguiente serie importante de ecuaciones:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Y_1}{Y_2} \quad \text{dónde } Y_i = 1 + \frac{\delta - 1}{2} Ma_i^2 \quad (4.12)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \sqrt{\frac{Y_1}{Y_2}} \quad (4.13)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \sqrt{\frac{Y_2}{Y_1}} \quad (4.14)$$

$$G = \rho u = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{\gamma g c M}{RT_1}} = Ma_2 P_2 \sqrt{\frac{\gamma g c M}{RT_2}} \quad (4.15)$$

en donde G es el flujo másico con unidades de masa/área.tiempo y

$$\frac{\gamma + 1}{2} \ln \left[ \frac{Ma_2^2}{Ma_1^2} \frac{Y_1}{Y_2} \right] - \left[ \frac{1}{Ma_1^2} - \frac{1}{Ma_2^2} \right] + \gamma \left( \frac{4fL}{d} \right) = 0 \quad (4.16)$$

Esta ecuación relaciona los números de Mach con las pérdidas de fricción en la tubería. Las ecuaciones (4.15) y (4.16) se convierten en formas más útiles reemplazando los números de Mach con las temperaturas y presiones usando las ecuaciones (4-12) a (4-14) para obtener:

$$\frac{\gamma + 1}{\gamma} \ln \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} - \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \left[ \frac{P_1^2 T_2^2 - P_2^2 T_1^2}{T_2 - T_1} \right] \left[ \frac{1}{P_1^2 T_2} - \frac{1}{P_2^2 T_1} \right] + \frac{4fL}{d} = 0 \quad (4.17)$$

$$G = \sqrt{\frac{2g c M}{R} \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{T_2 - T_1}{\left( \frac{T_1}{P_1} \right)^2 - \left( \frac{T_2}{P_2} \right)^2}} \quad (4.18)$$

Para la mayoría de los problemas la longitud de la tubería (L), el diámetro interno (Cd), la temperatura y presión iniciales  $T_1$  y  $P_1$ , y la presión  $P_2$  son conocidas. Para determinar el flujo másico G, el procedimiento es como sigue:

- 1.- Determinar la rugosidad de la tubería  $\epsilon$  y obtener  $\epsilon/d$ .
- 2.- Determinar el factor de fricción de Fanning  $f$ . Se supone flujo turbulento totalmente desarrollado con grandes números de Reynolds.
- 3.- Determinar  $T_2$  de la ecuación (4.17)

4.- Determinar el flujo másico total  $G$  de la ecuación (4.18).

Para tuberías largas o para grandes diferencias de presión a través de la tubería, la velocidad del gas se puede aproximar a la velocidad sónica. A la velocidad del sonido, el proceso será de estrangulamiento.

Para éste tipo de flujo, las ecuaciones que se han descrito se simplifican por el ajuste del número de Mach a  $Ma_2 = 1$ . El resultado es:

$$\frac{T_{crítico}}{T_1} = \frac{2\gamma_1}{\gamma + 1} \quad (4.19)$$

$$\frac{P_{crítico}}{P_1} = Ma_1 \sqrt{\frac{2\gamma_1}{\gamma + 1}} \quad (4.20)$$

$$\frac{\rho_{crítico}}{\rho_1} = Ma_1 \sqrt{\frac{\gamma + 1}{2\gamma_1}} \quad (4.21)$$

$$G_{crítico} = \rho u = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{\gamma g c M}{RT_1}} = P_{crítico} \sqrt{\frac{\gamma g c M}{RT_{crítico}}} \quad (4.22)$$

$$\frac{\gamma + 1}{2} \ln \left[ \frac{2\gamma_1}{(\gamma + 1)(Ma_1^2)} \right] - \left[ \frac{1}{Ma_1^2} - 1 \right] + \gamma \left[ \frac{4fL}{d} \right] = 0 \quad (4.23)$$

El proceso de estrangulamiento ocurre si la presión de la corriente de abajo es menor que la presión de estrangulamiento  $P_{crítica}$ . Para la mayoría de los problemas que involucran procesos de estrangulamiento, flujo adiabático, la longitud de la tubería, el diámetro interno, la presión  $P_1$  y la temperatura  $T_1$  son conocidas. Para obtener el flujo másico  $G$ , el procedimiento es como sigue:

- 1.- Determinar el factor de fricción de Fanning  $f$ , suponiendo flujo turbulento.
- 2.- Determinar  $Ma_1$  con la ecuación (4.23).
- 3.- Determinar el flujo másico  $G_{critico}$ , de la ecuación (4.22).
- 4.- Determinar  $Pe_{critica}$  con la ecuación (4.20) para confirmar las condiciones de estrangulamiento.

#### \* Flujo isotérmico

Para el caso de flujo isotérmico de gas en una tubería, se supone que la velocidad del gas es menor que la velocidad sónica. Un gradiente de presión a través de la tubería proporciona la fuerza conductora para el transporte del gas. Como el gas se expande a través de un gradiente de presión, la velocidad se incrementa para mantener la misma velocidad de flujo másico. La presión en el final de la tubería es igual a la presión de cercamiento.

La temperatura es constante a través de la longitud total de la tubería. El flujo isotérmico se representa con un Balance de Energía en la forma que se muestra a continuación:

$$V dP + \frac{udu}{\alpha g_c} + \frac{g}{g_c} dz + dF = - \delta W \quad (4.24)$$

Las siguientes suposiciones son válidas para flujos isotérmicos:

$$\begin{aligned} \frac{g}{g_c} dz &= 0 \\ dF &= \frac{2fu^2 dL}{g_c d} \\ \delta W_s &= 0 \end{aligned}$$

Y debido a que la temperatura permanece constante en el proceso, no se requiere un Balance de Energía total.

Como en el caso del proceso adiabático, se puede obtener también una serie de ecuaciones que resultan de aplicar las suposiciones anteriores y la ecuación (4.10).

$$T_2 = T_1 \quad (4.25)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \quad (4.26)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \quad (4.27)$$

$$G = \rho u = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{\gamma g_c M}{RT}} \quad (4.28)$$

$$2 \ln \frac{Ma_2}{Ma_1} - \frac{1}{\gamma} \left( \frac{1}{Ma_1^2} - \frac{1}{Ma_2^2} \right) + \frac{4fL}{d} = 0 \quad (4.29)$$

Una forma más conveniente de ésta última ecuación es expresarla en términos de la presión, en vez del Número de Mach, así:

$$2 \ln \frac{P_1}{P_2} - \frac{g_c M}{G^2 RT} (P_1^2 - P_2^2) + \frac{4fL}{d} = 0 \quad (4.30)$$

Un problema típico es determinar el flujo másico  $G$ , dada la longitud de la tubería ( $L$ ), el diámetro interno ( $d$ ) y las presiones  $P_1$  y  $P_2$ . Este procedimiento es como sigue:

1) Determinar el factor de fricción de Fanning.

Para ello se supone flujo turbulento totalmente desarrollado con altos números de Reynolds.

2) Determinar el flujo másico,  $G$ , de la ecuación (4.30).

Se ha mostrado que la máxima velocidad posible en un flujo isotérmico de gas en una tubería no es la velocidad sónica como en el caso adiabático. En términos del número de Mach, la velocidad máxima es:

$$M_{\text{critica}} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}$$

Este resultado se incluye en el Balance de Energía; haciendo el rearrreglo correspondiente se tiene:

$$-\frac{dP}{dL} = \frac{2fG^2}{gc\rho d} \left[ \frac{1}{1 - (u^2 \rho / gcP)} \right] = \frac{2fG^2}{gc\rho d} \left[ \frac{1}{1 - \gamma Ma^2} \right]$$

La cantidad  $-(dP/dL)$  tiende a infinito cuando el número de Mach se acerca al valor  $1/\sqrt{\gamma}$ . Así, para procesos de flujo de estrangulamiento en una tubería isotérmica, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$T_{\text{critico}} = T_1$$

$$\frac{P_{\text{critico}}}{P_1} = Ma_1 \sqrt{\gamma}$$

$$\frac{\rho_{\text{critico}}}{\rho_1} = Ma_1 \sqrt{\gamma}$$

$$\frac{u_{\text{critico}}}{u_1} = \frac{1}{Ma_1 \sqrt{\gamma}}$$

$$G_{\text{critico}} = \rho u = \rho_1 u_1 = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{\gamma gcM}{RT}} = P_{\text{critico}} \sqrt{\frac{gcM}{RT}} \quad (4.31)$$

dónde  $G_{\text{critico}}$  es el flujo másico, y,

$$\ln \left( \frac{1}{\gamma Ma_1^2} \right) - \left( \frac{1}{\gamma Ma_1^2} - 1 \right) + \frac{4fL}{d} = 0 \quad (4.32)$$

Para la mayoría de los problemas típicos la longitud de la tubería ( $L$ ), el diámetro interno ( $d$ ), la presión  $P_1$  y la temperatura son

conocidas. El flujo másico  $G$  es determinado usando el siguiente procedimiento.

- 1) Determine el factor de fricción de Fanning. Para ello se supone flujo turbulento con altos números de Reynolds.
- 2) Determine el número de Mach, de la ecuación (4.32).
- 3) Determine el flujo másico  $G$ , de la ecuación (4.31).

### *Flasheo de líquidos*

Los líquidos almacenados bajo presión arriba de su temperatura de ebullición normal presentan problemas substanciales debido al flasheo. Si el tanque, tubería u otro dispositivo contenedor desarrolla un derrame, el líquido se flashea parcialmente a vapor, algunas veces explosivamente.

El flasheo ocurre tan rápidamente que el proceso se supone adiabático. El exceso de energía contenida en el líquido sobrecalentado vaporiza el líquido y baja la temperatura a su punto de ebullición.

Si  $m$  es la masa del líquido original,  $C_p$  la capacidad calorífica del líquido (energía/masa.grados),  $T_o$  es la temperatura del líquido antes de la despresurización, y  $T_b$  el punto de ebullición del líquido despresurizado, entonces el exceso de energía contenida en el líquido sobrecalentado es dado por:

$$Q = mC_p (T_o - T_b) \quad (4.33)$$

Esta energía vaporiza el líquido.

Si  $\Delta H_v$  es el calor de vaporización del líquido, la masa de líquido vaporizada,  $m_v$ , está dada por:

$$m_v = \frac{Q}{\Delta H_v} = \frac{m C_p (T_o - T_b)}{\Delta H_v} \quad (4.34)$$

la fracción del líquido vaporizado es:

$$f_v = \frac{m_v}{m} = \frac{C_p (T_o - T_b)}{\Delta H_v} \quad (4.35)$$

La ecuación (4.35) supone propiedades físicas constantes sobre todo el rango de temperatura  $T_o$  a  $T_b$ . Una expresión más general sin ésta suposición se deriva como sigue:

El cambio en la masa del líquido,  $m$ , debido a un cambio en la temperatura,  $T$  es dado por:

$$dm = \frac{m C_p}{\Delta H_v} dT \quad (4.36)$$

Esta ecuación se integra entre la temperatura inicial  $T_o$  (con la masa del líquido  $m$ ) y la temperatura de ebullición normal  $T_b$  (con la masa del líquido  $m - m_v$ ).

$$\int_m^{m-m_v} \frac{dm}{m} = \int_{T_o}^{T_b} \frac{C_p}{\Delta H_v} dT \quad (4.37)$$

$$\ln \left( \frac{m - m_v}{m} \right) = - \frac{C_p (T_o - T_b)}{\Delta H_v} \quad (4.38)$$

Para el flasheo de líquidos compuestos de muchas sustancias miscibles, el cálculo del flasheo es considerablemente complicado, debido a que los componentes más volátiles se flashearán preferentemente.

El flasheo de líquidos escapando a través de orificios y tuberías requiere muy especial consideración debido a que pueden estar presentes condiciones de flujo de las dos fases.

Varios casos necesitan consideración especial. Si la longitud de la trayectoria del fluido del escape es muy corta (en orificios de contenedores de pared delgada), no existen condiciones para el equilibrio, y el líquido no alcanza a flashearse en el orificio; el líquido se flashea fuera del orificio; y las ecuaciones que describen el flujo de fluidos incompresibles a través de orificios son aplicables a éstos casos.

Si la longitud de la trayectoria del fluido a través del escape es más grande que 10 cm (a través de tubería o contenedores de pared gruesa), se dan las condiciones de equilibrio del flasheo y el flujo es estrangulado (crítico). Una buena aproximación es suponer una presión de estrangulación (crítica) igual a la presión de vapor de saturación del líquido flasheando. El resultado será solamente válido para líquidos almacenados a una presión más alta que la presión de vapor de saturación. Con ésta suposición, la velocidad de flujo másico es dada por:

$$Q_m = A C_o \sqrt{2 \rho_l g_c (P - P^{sat})} \quad (4.39)$$

donde:

A es el área de escape

C<sub>o</sub> es el coeficiente de descarga (sin unidades)

$\rho$  es la densidad del líquido

P es la presión de saturación del líquido flasheado a la temperatura ambiente.

#### 4.3 Modelos de Dispersión Gaseosa

Los modelos de dispersión describen el transporte de materiales tóxicos llevados por el aire, lejos del sitio del accidente y en la comunidad cercana a la planta. Después del escape, el material tóxico es transportado por el aire y llevado lejos en una forma de "Pluma" o "Penacho" característica como se ve en la figura 4-1 o bien en forma de "Puff" como se ve en la figura 4-2.

Puff significa una bocanada o resoplido, pero aquí se refiere a una gran emisión de material tóxico en un corto tiempo.

La concentración máxima de material tóxico ocurre en el punto de escape (el cual puede no ser a nivel de piso). Las concentraciones viento abajo son menores, debido al mezclado turbulento y a la dispersión de la sustancia tóxica con el aire.

Una amplia variedad de parámetros afectan la dispersión atmosférica de materiales tóxicos:

- . La velocidad del viento
- . La estabilidad atmosférica
- . Las condiciones del suelo, edificios, agua, arboles
- . Altura de la fuga por arriba del nivel del piso
- . El ímpetu y flotación del material inicialmente escapado

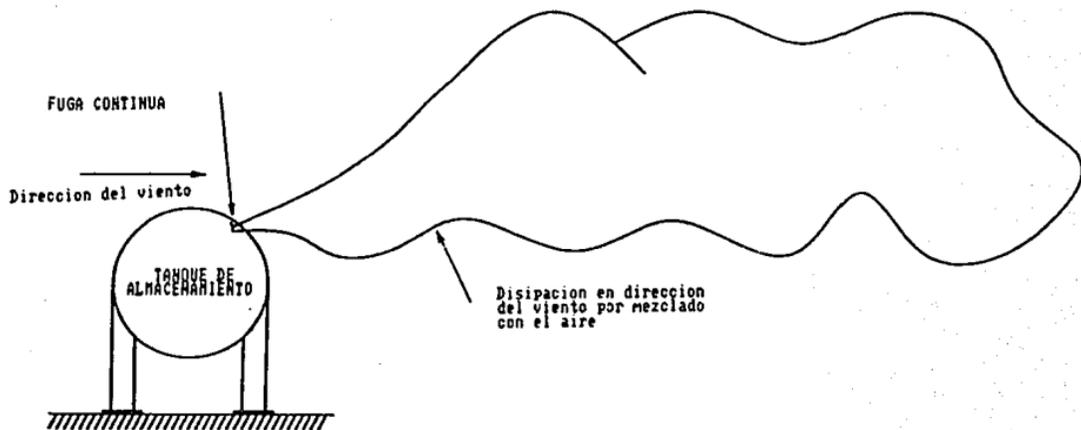


Fig. 4-1. "PLUMA" CARACTERISTICA FORMADA POR UNA FUGA PUNTUAL CONTINUA DE MATERIAL.

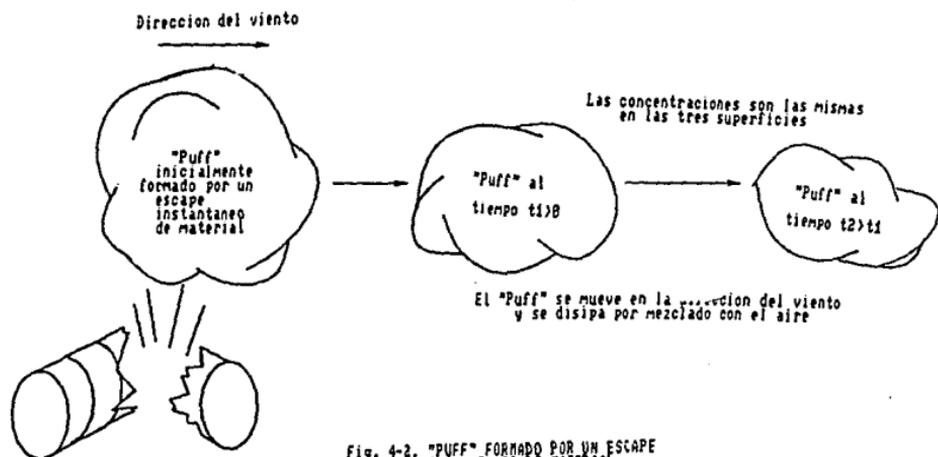


Fig. 4-2. "PUFF" FORMADO POR UN ESCAPE INSTANTANEO DE MATERIAL.

Conforme la velocidad del viento se incrementa, la pluma en la figura 4.1 llega a ser larga y estrecha, la sustancia es llevada rápidamente por el viento, pero se diluye rápidamente por una gran cantidad de aire.

La estabilidad atmosférica se relaciona al mezclado vertical del aire. Durante el día, la temperatura del aire decrece rápidamente con la altura, favorecida por el movimiento vertical del mismo. En la noche, la temperatura baja resultando pérdida del movimiento vertical. Los perfiles de temperatura para situaciones de día y de noche se muestran en la figura 4-3.

Algunas veces podría ocurrir una inversión. Durante una inversión, la temperatura se incrementa con la altura, resultando un movimiento vertical mínimo. Esto ocurre más frecuentemente en la noche, a medida que el suelo se enfría rápidamente debido a la radiación térmica.

Las condiciones del suelo afectan el mezclado mecánico en la superficie y el perfil del viento con la altura. Los árboles y edificios incrementan el mezclado mientras los lagos y áreas abiertas reducen la velocidad del viento.

La altura de la fuga afecta significativamente el nivel de concentraciones en el suelo. Conforme se incrementa la altura de la fuga, la concentración al nivel del suelo se reduce y la pluma debe dispersarse a grandes distancias verticalmente.

La flotación y el ímpetu del material escapado cambia la altura

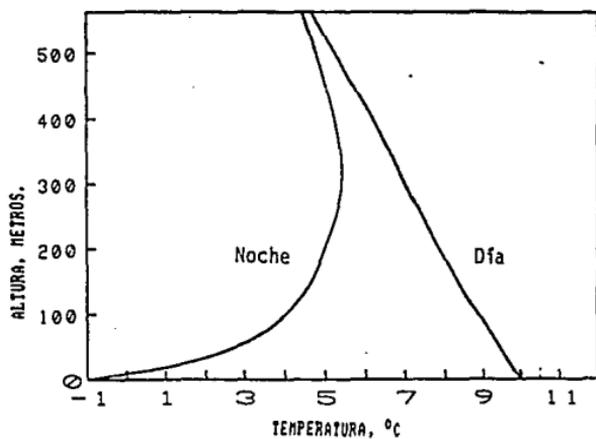


Fig. 4-3. TEMPERATURA DEL AIRE EN FUNCION DE LA ALTURA PARA CONDICIONES DE DIA Y DE NOCHE. EL GRADIENTE DE TEMPERATURA AFECTA EL MOVIMIENTO VERTICAL DEL AIRE.

"efectiva" de la fuga. Después del impetu inicial y que el material se ha disipado, el mezclado turbulento alcanza un efecto dominante.

Dos tipos de Modelos de Dispersión de vapores se usan comunmente:

El Modelo que describe una Fuga Puntual Continua, mencionado anteriormente como Modelo de "Pluma" y el Modelo de Fuga Masiva e Instantánea o comunmente llamado "Puff". El primer modelo describe la concentración de un material fugado en una forma de régimen continuo desde su fuente origen. El Modelo de Fuga Masiva e Instantánea describe la concentración temporal de un escape singular de una cantidad fija de material.

La distinción entre los dos modelos se muestra en las figuras 4-1 y 4-2. Para el Modelo "Pluma", un ejemplo típico es la fuga continua de gases de una chimenea. Una pluma a régimen permanente se forma bajo el viento con las emisiones de una chimenea.

Para el Modelo "Puff", un ejemplo típico es el escape repentino de una cantidad fija de material debido a la ruptura de un recipiente de almacenamiento. Se forma una gran nube de gas o vapor, que se mueve desde el punto de ruptura.

El Modelo Puff puede ser usado para describir un Modelo Pluma:

Una pluma es simplemente el escape de puffs continuas. Si se requiere información de una pluma a régimen permanente el Modelo Pluma es recomendado debido a que es más fácil de usar. Para estudios que involucran plumas dinámicas (por ejemplo el efecto de

una pluma debido a un cambio en la dirección del viento), se debe usar el Modelo Puff.

Para desarrollar las ecuaciones, se puede considerar el escape de una masa fija de material en una extensión infinita de aire.

La cantidad de material escapado, que podemos denotar con el símbolo  $Q_m$ , se toma como un sistema de coordenadas fijas en la fuente de la fuga. Suponiendo que no hay reacción o difusión molecular, la concentración  $C$  de material debido a éste escape está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(u_j C) = 0 \quad (4.40)$$

donde  $u_j$  es la velocidad del aire y el subíndice  $j$  representa la suma total de las direcciones del sistema coordenado,  $x$ ,  $y$  y  $z$ . Si la velocidad  $u_j$ , en la ecuación anterior es igual a la velocidad media del viento y se resuelve la ecuación, uno encontraría que el material se dispersa mucho más rápido que lo predicho.

Esto es debido a la turbulencia en el campo de la velocidad. Si uno fuera capaz de especificar la velocidad exacta del viento con el tiempo y la posición, incluyendo los efectos debidos a la turbulencia, la ecuación (4.40) predeciría la concentración exacta. Desafortunadamente, los modelos no están disponibles para describir adecuadamente la turbulencia.

Como resultado, se utiliza una aproximación. Dejando que la velocidad sea representada como un promedio y una cantidad

estocástica,

$$u_j = \langle u_j \rangle + u_j' \quad (4.41)$$

donde  $\langle u_j \rangle$  es la velocidad media y  $u_j'$  es la fluctuación estocástica debida a la turbulencia. De aquí se sigue que la concentración  $C$ , también fluctuará como un resultado del campo de la velocidad, así,

$$C = \langle C \rangle + C' \quad (4.42)$$

donde  $\langle C \rangle$  es la concentración media y  $C'$  es la fluctuación estocástica. Debido a que las fluctuaciones tanto en  $C$  y  $u_j$  están alrededor de valores medios, se sigue que,

$$\begin{aligned} \langle u_j' \rangle &= 0 \\ \langle C' \rangle &= 0 \end{aligned} \quad (4.43)$$

Sustituyendo las ecuaciones 4.41 y 4.42 en la 4.40 y promediando el resultado sobre el tiempo, se obtiene:

$$\frac{\partial \langle C \rangle}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\langle u_j \rangle \langle C \rangle) + \frac{\partial}{\partial x_j} \langle u_j C' \rangle = 0 \quad (4.44)$$

Los términos  $\langle u_j \rangle C'$  y  $u_j' \langle C \rangle$  son cero cuando son promediados ( $\langle \langle u_j \rangle C' \rangle = \langle u_j \rangle \langle C' \rangle = 0$ ), pero el término de flujo turbulento  $\langle u_j C' \rangle$  no necesariamente es cero y permanece en la ecuación.

Se requiere de una ecuación adicional para describir el flujo turbulento.

La propuesta usual es definir una difusividad de Eddy,  $K_j$  (con las unidades de área/tiempo), tal que

$$\langle u_j C' \rangle = -K_j \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} \quad (4.45)$$

sustituyendo la ecuación 4.45 en la 4.44, se tiene

$$\frac{\partial \langle C \rangle}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \langle u_j \rangle \langle C \rangle = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( K_j \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} \right) \quad (4.46)$$

Si se supone que la atmósfera es incompresible,

$$\frac{\partial \langle u_j \rangle}{\partial x_j} = 0 \quad (4.47)$$

y la ecuación (4.46) se convierte en

$$\frac{\partial \langle C \rangle}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( K_j \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} \right) \quad (4.48)$$

Esta última ecuación, junto con las limitaciones y condiciones iniciales, forman las bases fundamentales de los Modelos de Dispersión. Esta ecuación se resuelve para una gran variedad de casos.

El sistema de coordenadas usado para los Modelos de Dispersión, se muestran en las siguientes figuras (4-4 y 4-5).

El eje de las x es una línea central directamente a favor del viento, respecto al punto de la fuga y es cambiado por las diferentes direcciones del viento. El eje de las y es la dirección transversal a la línea central y el eje z es la elevación, por encima del punto de fuga.

El punto  $(x,y,z) = (0,0,0)$  está en el punto de la fuga. Las coordenadas  $(x,y,0)$  son el nivel del punto de fuga, y las  $(x,0,0)$  son a lo largo de la línea central, o el eje de las x.

Como ya se mencionó, la ecuación (4.48) se puede resolver para una serie de casos de interés, considerando Modelos de Fuga tipo "Pluma" y "Puff".

Antes de continuar, es necesario mencionar que el desarrollo de

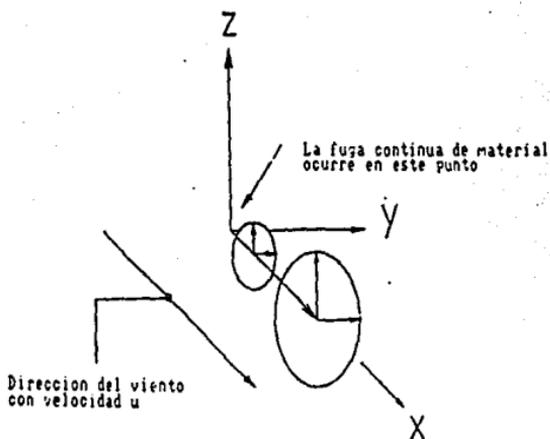


Fig. 4-4. FUENTE DE FUGA CONTINUA CON AIRE. EL SISTEMA DE COORDENADAS ES: X EN DIRECCIÓN DEL VIENTO, Y EN LA DIRECCIÓN LATERAL Y Z ESTA EN LA DIRECCIÓN VERTICAL.

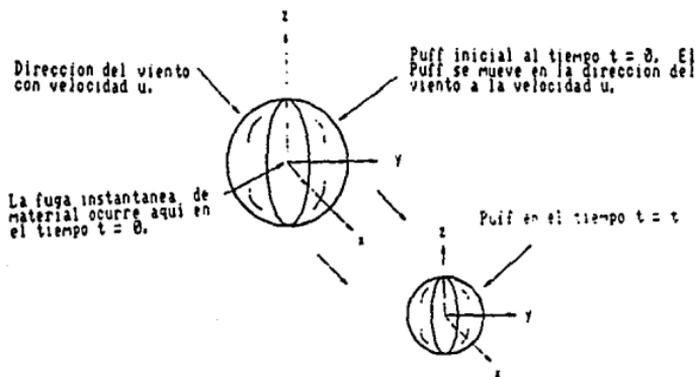


Fig. 4-5. "PUFF" CON AIRE. DESPUES DEL ESCAPE INSTANTANEO INICIAL EL PUFF SE MUEVE CON EL AIRE.

los Modelos de Dispersión de Contaminantes atmosféricos tiene como base los Estudios de Difusión realizados por Gauss y se aplican tanto al Modelo de Emisión Puntual Continua como al de Emisión Masiva.

Es pues el físico matemático alemán Karl Friedrich Gauss (1777-1855) el autor de los Modelos de Difusión de gases y/o vapores que aquí se presentan.

Sin embargo, los modelos presentados también reciben el nombre de Modelos de Pasquill-Gifford, debido a que F. Pasquill en sus estudios de Difusión Atmosférica de 1962 derivó las ecuaciones para determinar los coeficientes de dispersión gaseosa en función de la estabilidad atmosférica. Los coeficientes de dispersión de Pasquill corresponden a los coeficientes Gaussianos de Dispersión lateral. También F.A. Gifford, en su obra denominada "Use of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Dispersion" desarrolló las correlaciones para evaluar coeficientes de dispersión para fugas continuas.

En la aplicación de los modelos de fugas masivas y continuas de ésta tesis se utilizan los coeficientes de dispersión de Pasquill y de Gifford; sin embargo se debe tener presente que el Modelo de Dispersión se debe originalmente a Karl F. Gauss.

Ahora bien, la forma de representación matemática del modelo que utiliza la ecuación (4.48) depende de la especificación de un valor para la difusividad de Eddy,  $K_j$ .

En general, K<sub>f</sub> cambia con la posición, el tiempo, la velocidad del viento y las condiciones meteorológicas prevaletientes. Por eso, los Modelos de Dispersión que tienen como base esa ecuación, no son de común aplicación.

A continuación se describen los Modelos Matemáticos que tienen como base las ecuaciones de Difusión Gaussiana, y que se utilizan actualmente para describir los alcances y afectaciones de la formación de nubes tóxicas e inflamables. Dichos Modelos tienen una mayor aplicación práctica.

#### Modelos de Fugas de gas continuas y masivas.

La modelación de las fugas continuas de gases tóxicos se describen con el "Modelo de Dispersión de una Emisión Puntual Continua de gas", llamado Modelo (DEPC) y comunmente nombrado Modelo "Pluma", por la caracterización física de la emisión. Por otra parte, la modelación de fugas masivas instantáneas se describe con el "Modelo de Dispersión de Fugas de gas o vapor liberado en forma Masiva e Instantánea", nombrado como Modelo (DFMI).

#### *Antecedentes*

La experiencia demuestra que los mayores accidentes ocurridos en las plantas químicas, donde se han presentado fugas de materiales tóxicos, éstas provienen de alguna fuente puntual continua (Modelo DEPC) o bien de alguna liberación instantánea de una gran cantidad de material tóxico (Modelo DFMI), debido a la

ruptura de un tanque de almacenamiento o a la explosión de algún reactor o equipo contenedor de gran cantidad de material. Por ello, la parte esencial de este trabajo consiste en mostrar los Modelos (ecuaciones) Matemáticos que describen, de una forma relativamente simple, el comportamiento muy aproximado de los fenómenos de afectación del escape de materiales tóxicos.

Aunque éste trabajo está dedicado al estudio del amoníaco, los Modelos son aplicables a cualquier gas tóxico, pues el propósito de los Modelos es mostrar en forma general la magnitud del daño causado por escapes de gases que representen un peligro para la salud.

Estos Modelos se usan con el objeto de hacer un pronóstico de afectación de las áreas vecinas al lugar en que ocurrió el accidente; para ello los Modelos mostrarán algunos parámetros en base a los cuales es posible determinar la magnitud de los daños, esos parámetros pueden ser los perfiles del tiempo y concentración del material tóxico a favor del viento respecto a la fuente de escape. Los modelos DEPC y DFMI están basados en el de Gauss.

Los bien conocidos Modelos Gaussianos describen el comportamiento de gases neutral y positivamente flotantes en la dirección del viento y a la velocidad del mismo.

Tanto las emisiones masivas e instantáneas como las puntuales continuas, han sido estudiadas por muchos años usando los Modelos Gaussianos de Dispersión.

Conviene recordar que la diferencia fundamental entre una fuga de gas en forma continua y una emisión masiva e instantánea es que ésta última tiene una duración corta, en comparación con el tiempo de expansión (el tiempo para que la nube alcance una localización de interés).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos usa extensamente los Modelos Gaussianos en sus predicciones de dispersión atmosférica de contaminantes. Los Modelos Gaussianos son directamente aplicables en el análisis de riesgos para emisiones flotantes y neutrales. Como modelos, han sido válidos en un amplio rango de emisiones características.

Pueden también ser aplicados a pequeños escapes de emisiones de gases densos, sin embargo los Modelos Gaussianos no son generalmente aplicables a escapes de materiales densos.

#### *Descripción*

El Modelo de Dispersión de una Emisión Puntual Continua de gas (DEPC) está mejor definido que el Modelo de Dispersión de Fugas de gas o vapor liberado en forma Masiva e Instantánea (DFMI).

La base para el Modelo de Pasquill-Gifford es la Dispersión de Gauss en los ejes horizontal y vertical respecto al punto de fuga. La fórmula estándar para describir el Modelo de Dispersión de una Emisión Puntual Continua de gas, cuya emisión se encuentra elevada respecto al nivel de piso y suponiendo que no hay reacción o

absorción del material escapado es la ecuación (4.49) siguiente:

$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \left( \exp \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right) \left( \exp \frac{-Cz - H^2}{2\sigma_z^2} + \frac{-Cz + H^2}{2\sigma_z^2} \right)$$

dónde y, z = distancias en metros, (la distancia y corresponde al eje y que está en forma transversal a la dirección del viento y z es la distancia vertical o elevada).

C = concentración (kg/m<sup>3</sup>) en un punto cualquier (x, y, z).

G = velocidad de emisión ( kg/s)

H = altura de la fuente sobre el nivel del suelo más el pico de la pluma (m).

$\sigma_y, \sigma_z$  = coeficientes de dispersión (m) y son función de la distancia alcanzada por la fuga en la dirección del viento (x).

u = velocidad del viento (m/s).

Los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  para las plumas de difusión Gaussiana se obtienen de la gráficas de las figuras 4-6 y 4-7 y de la Tabla 4A. Existen fórmulas que permiten obtener fácilmente los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ , en función de la distancia (x) en condiciones estables urbanas:

$$\sigma_y(x) = 0.16 (1 + 0.004x)^{-0.5}$$

$$\sigma_z(x) = 0.14 (1 + 0.0003x)^{-0.5}$$

La fórmula Gaussiana para el Modelo de Dispersión de Fugas de gas o vapor liberado en forma Masiva e Instantánea es:

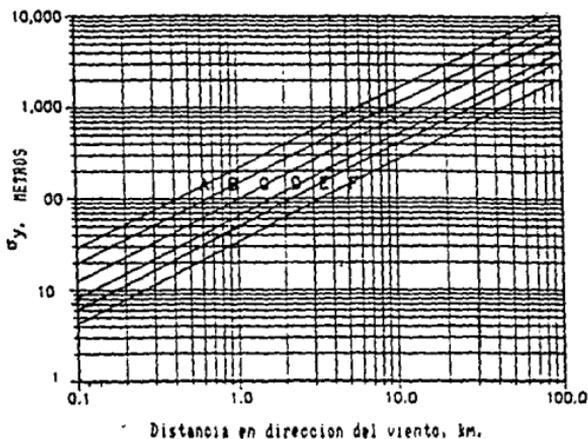


Fig. 4-6. COEFICIENTE DE DISPERSION HORIZONTAL PARA EL MODELO DE "PLUMA" DE PASQUILL-GIFFORD.

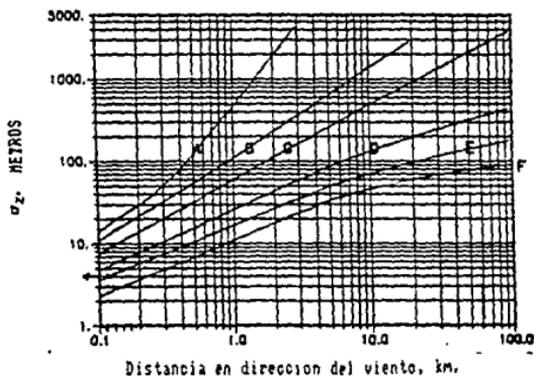


Fig. 4-7. COEFICIENTE DE DISPERSION VERTICAL PARA EL MODELO DE "PLUMA" DE PASQUILL-GIFFORD. LOS COEFICIENTES DE DISPERSION SON FUNCION DE LA DISTANCIA EN DIRECCION DEL VIENTO Y DE LA ESTABILIDAD ATMOSFERICA.

$$C = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \left[ \exp \left\{ -\frac{(x - ut)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right\} \right] \left[ \exp \left[ \frac{-(z - H)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[ \frac{-(z + H)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right] \quad (4.50)$$

en donde M = cantidad de material escapado en kg. y

t = es el tiempo transcurrido después de la fuga (s)

Las emisiones masivas e instantáneas tienen características diferentes de aquellas emisiones continuas y requieren por tanto diferentes coeficientes de dispersión ( $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ ).

Los datos experimentales para las emisiones masivas "Puff" son en general mucho más limitados que los de "Plumas" y por tanto el Modelo "Puff" tiene mayor incertidumbre. También por carencia de datos, se supone frecuentemente que  $\sigma_x = \sigma_y$ .

Los coeficientes de dispersión para el Modelo "Puff" se obtienen de las figuras 4-8 y 4-9, así como de la Tabla 4A.

En la figura 4-10 se muestra el Diagrama de Flujo para el cálculo de una dispersión de fuga continua o masiva de acuerdo al Modelo de Dispersión Gaussiana.

Los Modelos Gaussianos representan muy bien la naturaleza fortuita de la turbulencia. Los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  se obtienen empíricamente, pero los resultados concuerdan muy bien con los datos experimentales.

Normalmente los Modelos están limitados a predecir resultados entre 0.10 y 10 kilómetros desde el punto de fuga.

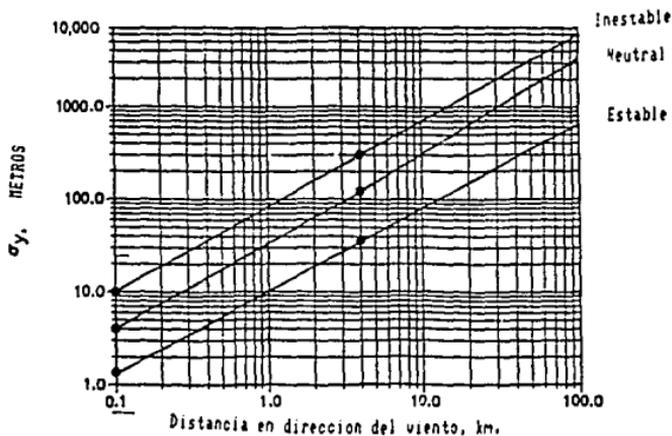


Fig. 4-8. COEFICIENTE DE DISPERSION HORIZONTAL PARA EL MODELO "PUFF" DE PASQUILL-GIFFORD.

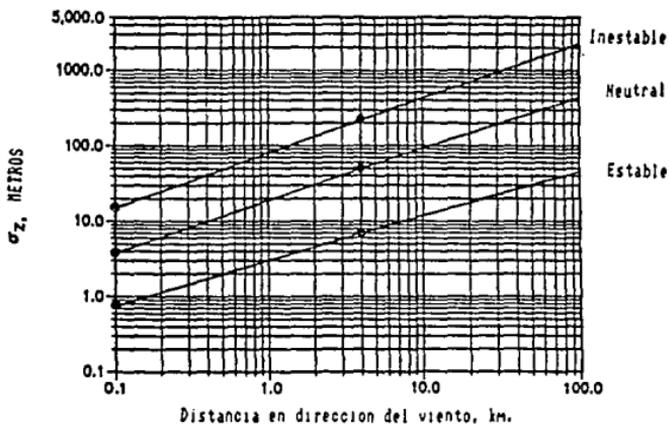


Fig. 4-9. COEFICIENTE DE DISPERSION VERTICAL PARA EL MODELO "PUFF" DE PASQUILL-GIFFORD. LOS COEFICIENTES DE DISPERSION SON FUNCION DE LA DISTANCIA EN DIRECCION DEL VIENTO Y DE LA ESTABILIDAD ATMOSFERICA.

TABLA 4A

ECUACIONES Y DATOS PARA LOS COEFICIENTES DE DISPERSION  
DE PASQUILL-GIFFORD

Ecuaciones para emisiones de Fuga Puntual Continua

Clase de Estabilidad		$\sigma_y$ (m)
A		$\sigma_y = 0.493 x^{0.88}$
B		$\sigma_y = 0.337 x^{0.88}$
C		$\sigma_y = 0.195 x^{0.90}$
D		$\sigma_y = 0.128 x^{0.90}$
E		$\sigma_y = 0.091 x^{0.91}$
F		$\sigma_y = 0.067 x^{0.90}$

Clase de Estabilidad	x (m)	$\sigma_z$ (m)
A	100-300	$\sigma_z = 0.087x^{1.10}$
	300-3000	$\log_{10}\sigma_z = -1.67 + 0.902 \log_{10}x + 0.181(\log_{10}x)^2$
B	100-500	$\sigma_z = 0.135 x^{0.95}$
	500-20000	$\log_{10}\sigma_z = -1.25 + 1.09\log_{10}x + 0.0018(\log_{10}x)^2$
C	100-10 <sup>5</sup>	$\sigma_z = 0.112x^{0.91}$
D	100-500	$\sigma_z = 0.093x^{0.85}$
	500-10 <sup>5</sup>	$\log_{10}\sigma_z = -1.22 + 1.08\log_{10}x - 0.081(\log_{10}x)^2$
E	100-500	$\sigma_z = 0.082x^{0.82}$
	500-10 <sup>5</sup>	$\log_{10}\sigma_z = -1.19 + 1.04\log_{10}x - 0.070(\log_{10}x)^2$
F	100-500	$\sigma_z = 0.057x^{0.80}$
	500-10 <sup>5</sup>	$\log_{10}\sigma_z = -1.91 + 1.37\log_{10}x - 0.119(\log_{10}x)^2$

Datos para Fugas Masivas e Instantáneas (Puff)

Condición de Estabilidad	x = 100 m		x = 4000 m	
	$\sigma_y$ ( m )	$\sigma_z$ ( m )	$\sigma_y$ ( m )	$\sigma_z$ ( m )
Inestable	10	15	300	220
Neutral	4	3.8	120	50
Muy Estable	1.3	0.75	35	7

Los requerimientos de entrada para la Modelización Gaussiana de los modelos DEPC y DFMI son directos. Se deben definir las emisiones fuente en términos de la velocidad de flujo másico para el Modelo DEPC o de masa total liberada para el Modelo DFMI. Se debe especificar también la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica. La velocidad del viento más apropiada es aquella que se tiene a una altura correspondiente a la línea central formada por la Pluma o nube Puff en dirección del viento. Las ecuaciones suponen un punto de fuga donde no hay deposición, reacción o absorción de los vapores.

Los modelos generan la concentración media de los gases o vapores escapados en un instante dado en lugares específicos (en las tres coordenadas espaciales,  $x, y, z$ ) en la dirección del viento, desde la fuente. Para nubes tóxicas esto puede ser útil para trazar una curva de isoconcentración correspondiente a la concentración de interés (fijado por una carga tóxica o concentración de interés). La curva de isoconcentración es una representación o esquema de localizaciones específicas (en tres dimensiones) de las concentraciones de interés que corresponden a las fuentes de escape en la dirección del viento. Dicha curva normalmente toma la forma de una elipse distorsionada (o sesgada), cuando se ha modelizado una fuga masiva o instantánea.

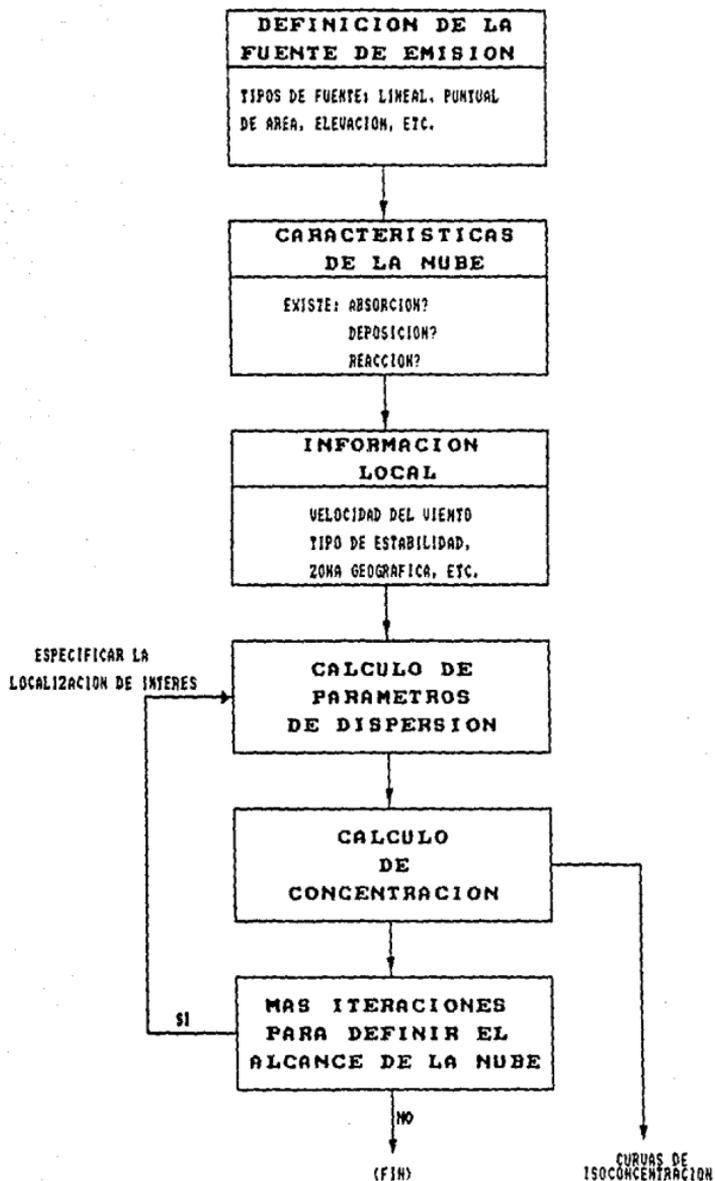


Fig. 4-10. DIAGRAMA DE FLUJO PARA APLICACION DE LOS MODELOS DE DISPERSION GAUSSIANA DE TIPO "PLUMA" Y "PUFF".

### *Operación de los Modelos*

Los modelos se aplican con un Programa de Cómputo que permite obtener los resultados de interés, después de proporcionar la información necesaria para el procesamiento.

#### a) Modelo de Fuga Puntual Continua (DEPC)

Este modelo está basado en la ecuación de Difusión Gaussiana de un gas o vapor y su algoritmo está diseñado para proveer de una estimación del Area de Riesgo o de "Exclusión" generada por una fuga continua de un gas o vapor. Para aplicar el modelo es necesario establecer una Concentración Máxima Permisible de Exposición (Cmpe), la cual permite estimar el Area de Exclusión o Area de Evacuación en caso de accidente. Las ecuaciones gaussianas se emplean bajo el supuesto que las concentraciones máximas se registran a nivel de piso, y que el gasto de emisión es constante durante el tiempo de modelación, así como también las condiciones meteorológicas.

La primera etapa del algoritmo de cálculo se refiere a la determinación del gasto de emisión. En la ocurrencia de una fuga de un gas, el gasto emitido estará determinado por las características del almacenamiento o línea donde se produzca. Cuando ocurre la ruptura de un almacenamiento el gasto dependerá del tamaño de la ruptura y de la presión a la que se encuentra almacenado el gas. Para fugas en líneas de conducción, el gasto será función del diámetro y de la velocidad a la cual es

transportado el gas. Para estos tipos de eventos, el modelo asume que el gasto es conocido. Sin embargo, se recomienda hacer la modelización considerando un gasto máximo probable de gas fugado. Cuando el gasto de emisión se desconoce, el modelo utiliza un procedimiento para su determinación. El cálculo se realiza con las ecuaciones descritas en los Modelos Fuente para flujo de gas o vapor a través de orificios. En ésta primera etapa del algoritmo se requiere alimentar al Programa o Modelo los siguientes datos:

- 1) Presión absoluta del tanque (N/m<sup>2</sup>)
- 2) Presión atmosférica absoluta (N/m<sup>2</sup>)
- 3) Capacidad calorífica a presión constante (cal/gmol C)
- 4) Capacidad calorífica a volumen constante (cal/gmol C)
- 5) Area de la apertura (m<sup>2</sup>)
- 6) Coeficiente de descarga del orificio
- 7) Peso Molecular del gas, y (g/gmol)
- 8) Temperatura absoluta del gas en el tanque ( K)

La segunda etapa de cálculo corresponde a la determinación de la curva de isoconcentración para la Concentración Máxima Permissible de Exposición , empleando la siguiente ecuación:

$$y = \left[ 2 \ln \frac{C(x,0,0;H)}{C(x,y,0;H)} \right]^{1/2} \sigma_y \quad (4.51)$$

Para el caso de fuga de gases, la concentración del gas (g/m<sup>3</sup>), x metros viento abajo de la fuga está dada por la ecuación:

$$C(x,0,0;H) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \exp \left[ -1/2 \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (4.52)$$

$\sigma_y$  y  $\sigma_z$  son los coeficientes de dispersión en la dirección y, z.

H es la altura de emisión.

U es la velocidad del viento

$C(x,y,0;H)$  = Concentración Máxima Permisible.

Los cálculos anteriores darán como resultado importante la distancia máxima ( $X_{\text{máx.}}$ ) alcanzada por la curva de isoconcentración para la Concentración Máxima Permisible y el ancho máximo de la elipse ( $Y_{\text{máx.}}$ ); del mismo modo, para cada punto de X (distancia recorrida por la nube) se obtiene un valor que corresponde a Y. Se obtendrá también la distancia de exclusión  $Y_{\text{exc.}}$  en la dirección del eje de las y.

Es importante mencionar que en cualquier punto dentro de la curva de isoconcentración se tendrá una concentración superior a la Concentración Máxima Permisible de Exposición ( $C_{\text{mpe}}$ ).

La tercera etapa de cálculo se refiere a la determinación del Área de Exclusión.

Debido a que esta última estará determinada por las condiciones de estabilidad atmosférica y por la dirección del viento, se ha definido un ángulo de variación o fluctuación ( $\theta$ ) de la pluma de gas o vapor, que es función del tipo de estabilidad.

En el modelo se consideran los ángulos siguientes:

<u>Categoría de estabilidad</u>	<u>(<math>\theta</math>)</u>
A - B	80°
C - D	30°
E - F	15°

Para el caso de estabilidad intermedia B-C se considera un ángulo de 55°.

El Area de Exclusión estará entonces definida por un sector con un ángulo  $\theta$  más la distancia  $Y_{\text{máx.}}$  a ambos lados de la curva de isoconcentración, alcanzando una distancia  $X_{\text{máx.}}$

El modelo (DEPC) funciona bajo las siguientes suposiciones:

- La pluma posee una distribución gaussiana de la concentración de contaminante en las direcciones vertical y lateral, con desviaciones estándar de  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ .
- La velocidad media del viento es  $U$  y se considera constante durante el tiempo de aplicación del modelo.
- El gasto de emisión de gas es constante.
- No existe depósito de contaminante hacia el 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 ( $x/U$ ).
- La densidad del gas en la pluma tiene un valor cercano a la

densidad del aire.

También, el modelo es aplicable en zonas con topografía plana sin obstáculos físicos importantes.

#### b) Modelo de una Fuga Masiva e Instantánea (DFMI)

También este modelo se ha desarrollado en base a las ecuaciones de dispersión Gaussiana de una nube "Puff" tridimensional, formada por una gran masa de 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 tanque de almacenamiento.

Una característica básica del modelo es que considera que la dispersión de la nube a lo largo de la dirección del viento ( $x$ ), es igual a la dispersión en la dirección lateral ( $y$ ).

Por lo tanto, se considera que el viento interviene únicamente como un vector de movimiento del puff, condicionando su posición viento abajo del punto de emisión, no existiendo dilución debida al viento. También, el modelo involucra solamente concentraciones a nivel del piso.

Este modelo ha sido diseñado para proveer de una estimación de la zona afectada por la nube tóxica durante su desplazamiento, así como de un seguimiento de la concentración en función del tiempo de arrastre.

En la ecuación que describe el Modelo DFMI también se involucran los coeficientes de dispersión, que definen el tamaño de la nube y son función de la distancia recorrida por la misma ( $Ut$ ) y de las condiciones de estabilidad atmosférica prevalecientes.

En el modelo se supone que la estabilidad, así como el viento, permanecen constantes durante todo el recorrido de la nube; los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  se determinan de la misma forma que en el Modelo Puntual Continuo, es decir con el procedimiento de Pasquill-Gifford y seleccionándolos de tal forma que la concentración estimada resultante sea representativa de la concentración que se tendría desde una fuente emisora puntual continua. El tamaño inicial de la nube se estima considerando una distancia ficticia  $X_f$  en la cual  $\sigma_{y0} = \sigma_{z0} =$  radio del recipiente/2.15.

Tanto para el Modelo DEPC como para el DFMI se aplica un Programa de Cómputo para resolver sus algoritmos, de acuerdo a los procedimientos descritos en la Operación de los Modelos. y para el caso del DFMI los resultados obtenidos por el Programa son la distancia recorrida por la nube, el tiempo de recorrido y la concentración en el centro de la misma a nivel de piso. Los cálculos se interrumpen cuando se alcanza una distancia de interés o una concentración determinada por el usuario del Programa (que puede ser la Concentración Máxima Permisible de Exposición).

Igualmente se determinan las curvas de isoconcentración, que corresponden a la concentración de interés suministrada, en varios puntos del recorrido de la nube, con ayuda de la ecuación (4.51) descrita para el Modelo de Fuga Puntual Continua.

En este modelo DFMI, para obtener la concentración a nivel de piso en la posición (X,Y) a partir del centro de la nube se utiliza la siguiente ecuación (4.53).

$$C(x,y,0;H) = \frac{2Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left[ -1/2 \left( \frac{x - Ut}{\sigma_x \sigma_y} \right)^2 + \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

Debido a las suposiciones efectuadas, en particular que  $S_x = S_y$ , resulta que la curva de isoconcentración estará representada, en forma aproximada, por un círculo, que en conjunto mostrará la figura de un elipsoide de revolución.

Se debe considerar que en cualquier punto situado dentro del círculo se tendrá una concentración superior a la Concentración Máxima de Exposición ( $C_{mpe}$ ).

Al igual que en el Modelo (DEPC), en el Modelo de Fuga Masiva e Instantánea (DFMI) se aplican las suposiciones y restricciones señaladas en aquel modelo, además de las siguientes:

- La fuga de gas es en forma masiva e instantáneamente.
- La dispersión horizontal es igual a la lateral ( $S_x = S_y$ )
- El viento no provoca una dilución de la nube en la dirección del viento ( $x$ ).

Los datos alimentados al Programa para modelizar una emisión de tipo (DFMI) son en el siguiente orden:

- 1) Concentración de interés ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).
- 2) Masa total de la sustancia emitida (en kg.).
- 3) Altura de la emisión (m).
- 4) Radio del recipiente (m).
- 5) Información meteorológica
  - a) Clase de estabilidad
  - b) Velocidad promedio del viento
  - c) El accidente ocurre de día o de noche.

Si el accidente ocurre de día el programa solicitará como información adicional la intensidad de la radiación solar.

La radiación solar se clasifica así: Radiación solar ligera, con una intensidad menor de  $300 \text{ W}/\text{m}^2$ ; radiación moderada es aquella que tiene una intensidad entre  $300-600 \text{ W}/\text{m}^2$  y radiación solar fuerte la que posee más de  $600 \text{ W}/\text{m}^2$ .

En caso de un accidente por la noche, se necesita alimentar al programa la clase de nubosidad existente. La nubosidad que puede prevalecer es alta o baja, dependiendo de las condiciones ambientales en el momento del accidente.

6) Finalmente, para completar el algoritmo, el programa requiere de una distancia de interés. Dicha distancia se define en términos de un sitio, punto geográfico o región de interés localizado en

las inmediaciones del lugar del accidente y que puede resultar afectado por la nube tóxica. Un lugar o sitio de interés podría ser, por ejemplo, una población vecina, y la distancia de interés desde el punto de fuga al lugar de interés se reportará en kilómetros.

En el siguiente capítulo se muestran los resultados de la modelación de diversos escenarios de fugas de amoníaco DEPC y DFMI aplicando un Programa de Cómputo. Aunque sólo se mostrarán los resultados obtenidos, dicho Programa está basado en los Modelos de Dispersión Gaussiana ya descritos.

## CAPITULO 5

### PRONOSTICO DE AFECTACION A LA COMUNIDAD

Las modelaciones para fugas de gas amoníaco que se realizan en el presente capítulo, se hacen considerando distintos escenarios de fugas, aplicando los Modelos DEPC y DFMI descritos en el capítulo anterior. Las ecuaciones (4.52) y (4.53) escritas en la Operación de los Modelos se aplican directamente a los Modelos DEPC y DFMI por medio de un Programa de Cómputo, cuyos resultados también se muestran aquí.

Se trata ahora de presentar los resultados obtenidos de la aplicación de los Modelos de Dispersión de una Emisión Puntual Continua de gas y de Dispersión de Fugas de gas o vapor liberado en forma Masiva e Instantánea, por medio de un Programa de Cómputo denominado SIRIA, cuyo significado es Sistema de Información Rápida de Impacto Ambiental. Como todo procedimiento de cálculo, el Programa de Cómputo que aquí se aplica, requiere una serie de pasos a seguir, para obtener el resultado deseado. Con los datos alimentados al Programa, éste efectúa una serie de operaciones que se pueden describir por medio de un diagrama de flujo. En la página siguiente se muestra el diagrama de flujo para efectuar la modelación correspondiente al DEPC. El objetivo del Programa es mostrar la Curva de Isoconcentración de la sustancia que se ha fugado, así como el Area de Riesgo o de Exclusión correspondiente.

NOMBRE DE LA SUSTANCIA

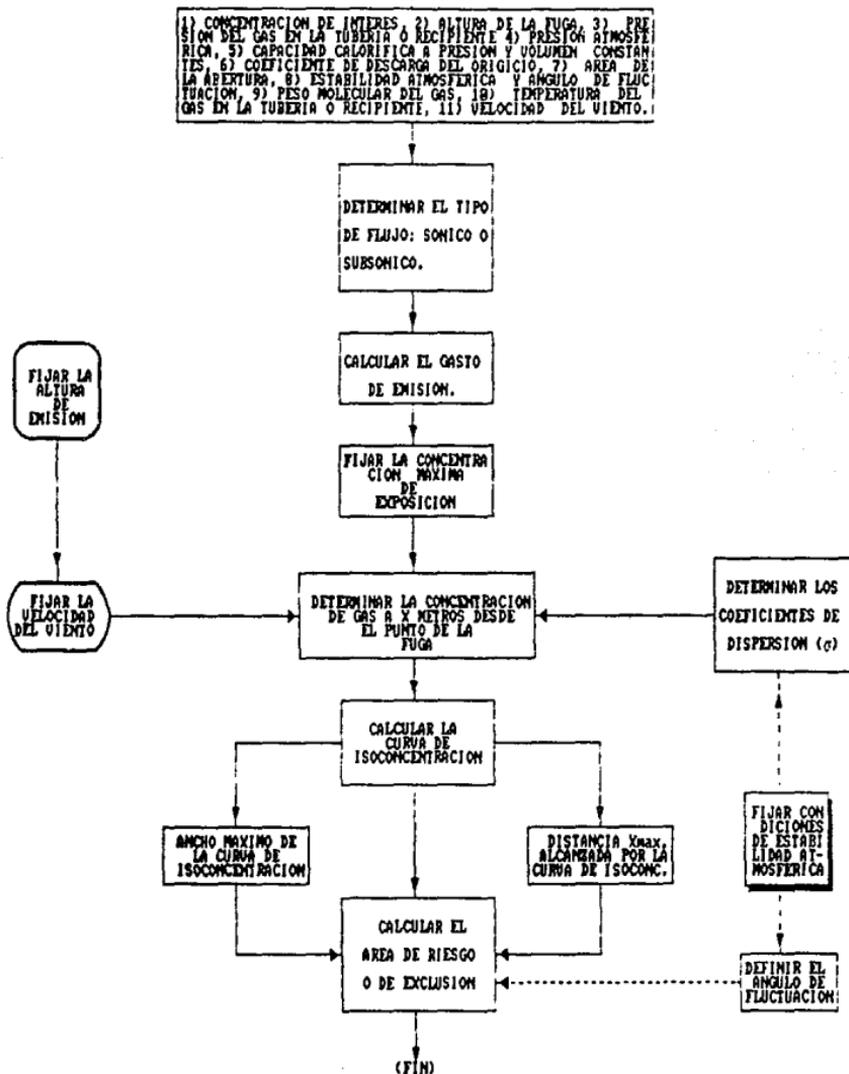


Fig. 5-1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EJECUCION DEL PROGRAMA DE COMPUTO EN LA MODELIZACION DE FUGAS PUNTALES CONTINUAS (DEPC).

★ Escenarios de Emisión Puntual Continua (DEPC).

1. En una planta química, existe una tubería de proceso que conduce amoníaco en estado gaseoso; las condiciones de operación de ésta tubería son:  $T = 30^{\circ}\text{C}$  y  $P = 180$  psig.

Por alguna razón, se presenta una fuga de amoníaco en la tubería a través de un orificio de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro, a una altura de 1 metro respecto al nivel del piso.

Se desea conocer el impacto que tendría este accidente sobre una población localizada a 800 metros de la planta.

- Para resolver el problema se considerará que las condiciones atmosféricas son  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 585$  mm Hg.

Con el fin de conocer si la población cercana tendrá que ser evacuada, se considerarán tres concentraciones de interés (Cpme): TLV-STEL = 35 ppm ( $18.73 \text{ mg/m}^3$ ), el Límite de Inhalación por un Período Corto = 50 ppm ( $26.76 \text{ mg/m}^3$ ), y el IDLH = 500 ppm ( $267.6 \text{ mg/m}^3$ ).

Se considera que se conoce la estabilidad atmosférica y que es muy estable, por lo que se proporcionará al programa un ángulo de fluctuación de  $15^{\circ}$  y una velocidad del viento de 2 m/s.

- Datos alimentados al Programa:

a) Nombre de la sustancia: Amoníaco.

b) Concentración 1 de interés:  $18.73 \text{ mg/m}^3$ .

c) Concentración 2 de interés:  $26.76 \text{ mg/m}^3$ .

- d) Concentración 3 de interés:  $267.80 \text{ mg/m}^3$ .
- e) Altura de la fuga: 1 m.
- f) Presión absoluta del gas en la tubería:  $1'318,485.0 \text{ N/m}^2$ .
- g) Presión atmosférica:  $78077.00 \text{ N/m}^2$ .
- h) Capacidad calorífica a presión constante:  $8.57 \text{ cal/gmol}^\circ\text{C}$ .
- i) Capacidad calorífica a volumen constante:  $6.58 \text{ cal/gmol}^\circ\text{C}$ .
- j) Coeficiente de descarga del orificio: 1.
- k) Área de la apertura:  $0.002 \text{ m}^2$
- l) Estabilidad conocida con ángulo de fluctuación de  $15^\circ$ .
- m) Peso molecular del gas: 17 g/gmol.
- n) Temperatura del gas en la tubería:  $30^\circ\text{C}$ .
- ñ) Velocidad del viento: 2 m/s.

Con estos datos alimentados se obtienen los siguientes:

- Resultados obtenidos de la Modelación.

Gasto de Emisión: 144.7 g/s.

Para Concentración 1 de interés ( $18.73 \text{ mg/m}^3$ )

- 1) Área de Exclusión:  $0.533 \text{ km}^2$ .
- 2) Distancia  $Y_{exc.}$  (máxima) = 287.84 m. en una distancia de 1834 metros.
- 3) Se obtienen los siguientes datos de concentración, distancias de Exclusión  $Y_{exc.}$  y coeficientes de dispersión:

Distancia X (km)	Concentración (x,0,0) mg/m <sup>3</sup>	Y <sub>exc.</sub> (m)	σ <sub>y</sub> (m)	σ <sub>z</sub> (m)
0.185	721.715	70.72	7.35	4.22
0.370	236.545	95.08	13.78	6.88
0.555	122.457	119.43	19.92	9.39
0.740	76.657	143.79	25.87	11.57
0.925	53.279	168.15	31.68	13.61
1.110	40.408	192.50	37.38	15.21
1.295	31.881	216.86	43.00	16.77
1.480	26.059	241.21	48.64	18.18
1.665	21.868	265.57	54.02	19.47
1.850	18.726	0.00	59.44	20.66
2.035	16.297	0.00	64.81	21.78

Con base a los resultados anteriores se puede hacer el siguiente diagnóstico.

- Pronóstico de Afectación.

Un breve análisis de los resultados demuestra que la población próxima será afectada, ya que la nube alcanza a dicha localidad y según los resultados, a una distancia de 800 metros existe una concentración de aproximadamente 69 mg/m<sup>3</sup> con una distancia de exclusión Y<sub>exc.</sub> respecto a la línea central de la fuga viento abajo de 152 metros. La nube llegará a la población en un tiempo aproximado de 7 minutos.

Se tiene la concentración de  $(18.73 \text{ mg/m}^3)$  a una distancia de 1834 m. con una distancia de exclusión  $Y_{exc.}$  respecto a la línea del centro de la fuga viento abajo de 288 metros y una afectación total de la nube de  $533,000 \text{ m}^2$ .

Resultados Concentración 2 de interés  $(28.76 \text{ mg/m}^3)$

1) Area de Exclusión:  $0.331 \text{ km}^2$ .

2) Distancia  $Y_{exc.}$ (máxima) = 227.54 en una distancia de 1443 m.

3) Se obtienen los siguientes datos de concentración, distancia Y de exclusión y coeficientes de dispersión.

Distancia X (km)	Concentración (x,0,0,) $\text{mg/m}^3$	$Y_{exc.}$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_z$ (m)
0.145	1056.381	56.78	5.81	3.55
0.291	348.82	75.94	11.08	5.87
0.436	180.925	95.09	16.02	7.88
0.582	113.349	114.25	20.80	9.72
0.727	78.815	133.40	25.47	11.43
0.873	58.551	152.56	30.06	13.05
1.018	46.220	171.72	34.57	14.38
1.164	37.541	190.87	39.03	15.68
1.309	31.345	210.03	43.43	16.88
1.455	26.734	0.00	47.79	17.99
1.600	23.187	0.00	52.11	19.03

Con estos resultados se tiene el siguiente:

- Pronóstico de Afectación.

La concentración 2 de interés ( $26.76 \text{ mg/m}^3$ ) corresponde al valor del Límite de Inhalación por un periodo corto (5 minutos) y según los resultados de la modelación, la población que se encuentra a 800 metros del lugar del accidente tendrá que ser evacuada, ya que la distancia a la que se tendrá el valor de dicha concentración es de 1,443 metros, teniendo una distancia de exclusión  $Y_{exc.}$  de 277.5 m., resultando un área afectada de  $331,000 \text{ m}^2$ . Es decir, a 800 m., la concentración será superior a los  $60 \text{ mg/m}^3$ , y la nube llegará en un tiempo aproximado de 7 minutos, por lo que la población deberá ser evacuada en un tiempo menor a éste.

Resultados Concentración 3 de interés ( $267.60 \text{ mg/m}^3$ )

1) Area de Exclusión:  $18,875 \text{ m}^2$ .

2) Distancia  $Y_{exc.}$ (máxima) = 55 metros en una distancia de 340 metros.

3) Se obtienen los siguientes datos de concentración, distancia Y de exclusión y coeficientes de dispersión.

Distancia X	Concentración	$Y_{exc.}$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
(km)	(x,0,0,) $\text{mg/m}^3$	(m)	(m)	(m)
0.034	8433.405	14.77	1.59	1.24

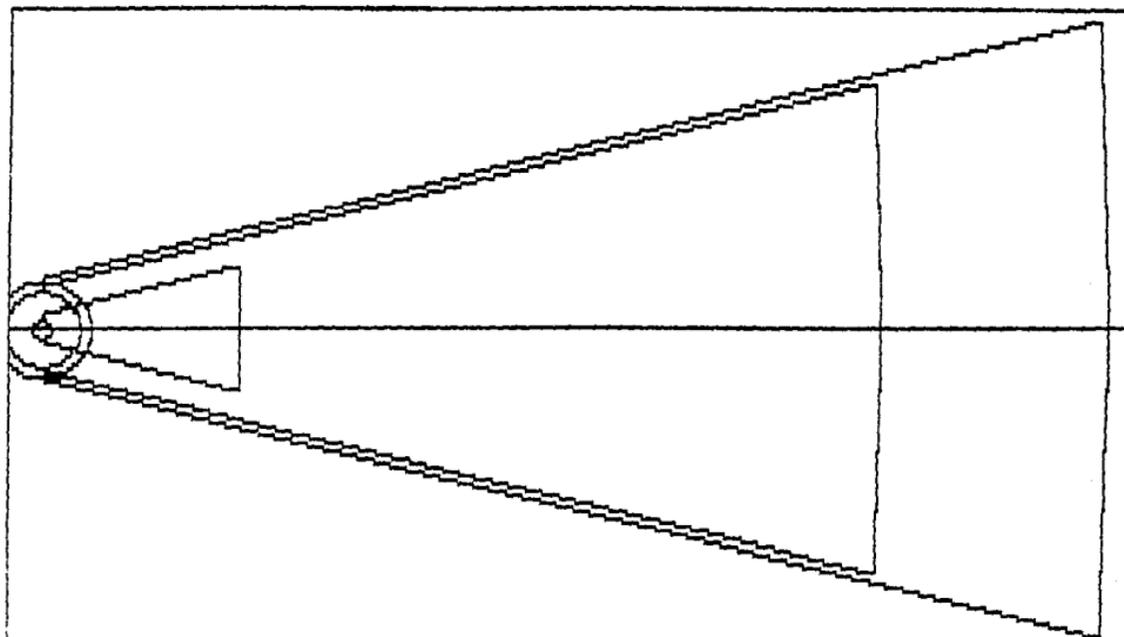
0.069	3337.755	19.29	2.98	2.05
0.103	1813.407	23.81	4.31	2.76
0.137	1158.745	28.32	5.60	3.40
0.171	814.237	32.84	6.86	4.00
0.206	608.774	37.35	8.09	4.56
0.240	475.436	41.87	9.31	5.10
0.274	383.483	46.38	10.51	5.62
0.309	317.097	50.90	11.69	6.13
0.343	267.424	0.00	12.87	6.61
0.377	229.174	0.00	14.03	7.09

- Pronóstico de Afectación.

La Concentración Inmediatamente Peligrosa para la Vida y la Salud se alcanza a una distancia de 340 metros, resultando una área de afectación de 18,875 m<sup>2</sup>. Se obtiene una distancia de exclusión Y<sub>exc.</sub> de 55 metros y la población próxima no se verá afectada por la exposición a la concentración del IDLH.

De cualquier forma, porque a 800 metros fácilmente se alcanzan las concentraciones de TLV-STEL (35 ppm) y el Límite de Inhalación por un periodo corto (5 minutos), será indispensable que la población sea desalojada completamente.

En la página siguiente se muestra la gráfica correspondiente a la evaluación de este accidente, en la que también aparece un resumen de los principales parámetros obtenidos de la modelación.



Datos de la Modelación		MODELO DE FUGAS Y DERRAMES			(FSC) 1000000
		Sustancia : AMONIACO			
Gasto =	144.7 g/s	Concent.	18.730 mg/m <sup>3</sup>	26.760 mg/m <sup>3</sup>	267.600 mg/m <sup>3</sup>
Altura =	1.0 m	Y exclu.	0.288 km	0.228 km	0.095 km
Estabili.=	F	Dist Max.	1.850 m	1.455 m	0.343 m
Vel.Vient=	2.0 m/s	Area.Afec	0.533 km <sup>2</sup>	0.331 km <sup>2</sup>	0.019 km <sup>2</sup>

2. Con el fin de conocer la magnitud del impacto que tendrá un accidente industrial, en una empresa que cuenta con sistemas de refrigeración a base de amoníaco, se realiza la modelación para una fuga puntual continua debida a la ruptura de un tramo de tubería de 2" de diámetro. La operación se lleva a cabo a 30°C de temperatura y a 180 psig. de presión. La fuga tiene lugar a una altura de 1 m. aproximadamente.

El accidente ocurre en un día con radiación solar moderada y se considera que la velocidad del viento es de aproximadamente 3 m/s. La empresa se encuentra localizada en una zona urbana, donde a una distancia no mayor de 100 metros existen unidades habitacionales.

- El accidente ocurre de día con radiación solar moderada y la modelación se hace considerando que la estabilidad atmosférica es desconocida.

También se supone que las condiciones ambientales son: Temperatura media 25°C y presión atmosférica = 585 mm Hg.

Las concentraciones de interés que se proporcionan al programa son las mismas evaluadas en el ejemplo anterior, es decir el TLV-STEL, el Límite de Inhalación por un Período Corto y el valor del IDLH correspondientes del amoníaco.

- Datos alimentados al Programa

a) Nombre de la Sustancia: Amoníaco.

b) Concentración 1 de interés: 18.73 mg/m<sup>3</sup>.

- c) Concentración 2 de interés:  $26.76 \text{ mg/m}^3$ .
- d) Concentración 3 de interés:  $267.6 \text{ mg/m}^3$ .
- e) Altura de la fuga: 1 m.
- f) Presión absoluta del gas en la tubería:  $1'318,485 \text{ N/m}^2$ .
- g) Presión atmosférica:  $78,077 \text{ N/m}^2$ .
- h) Capacidad calorífica a presión constante:  $8.57 \text{ cal/gmol.}^\circ\text{C}$ .
- i) Capacidad calorífica a volumen constante:  $6.58 \text{ cal/gmol.}^\circ\text{C}$ .
- j) Coeficiente de descarga del orificio: 1.
- k) Area de la apertura:  $0.002 \text{ m}^2$ .
- l) Estabilidad atmosférica desconocida.
- m) Peso molecular del gas:  $17 \text{ g/gmol}$ .
- n) Temperatura del gas en la tubería:  $30^\circ\text{C}$ .
- ñ) Velocidad del viento: 3 m/s.

- Los resultados de la modelación son los siguientes:

Gasto de Emisión: 144.7 g/s.

Clase de Estabilidad: Intermedia.

Angulo de Fluctuación:  $55^\circ$ .

Resultados Concentración 1 de interés ( $18.73 \text{ mg/m}^3$ )

- 1) Area de Exclusión:  $40,141 \text{ m}^2$ .
- 2) Distancia  $Y_{exc}$  (máxima) = 154 m. en una distancia de 231 m.
- 3) Los valores de las concentraciones, distancias de exclusión  $Y_{exc}$  y coeficientes de dispersión son:

Distancia X (m)	Concentración (x,0,0) mg/m <sup>3</sup>	Y <sub>exc.</sub> (m)	oy (m)	oz (m)
26	1,330.56	47.87	4.97	2.07
52	390.00	61.40	9.23	4.14
78	183.28	74.94	13.27	6.23
104	106.53	88.47	17.16	8.34
130	69.77	102.00	20.95	10.45
156	49.32	115.54	24.67	12.58
182	36.76	129.00	28.31	14.71
208	28.491	142.61	31.91	16.86
234	22.75	156.64	35.45	19.01
260	18.60	0.00	38.96	21.17
286	15.50	0.00	42.42	23.33

- Pronóstico de Afectación.

La nube tóxica originará que a una distancia de 231 m. en la dirección del viento haya una concentración equivalente a TLV-STEL, afectando una área de 40,141 m<sup>2</sup>, para la cual se tiene una distancia de exclusión de 154 metros.

Según los resultados anteriores, a 100 metros de distancia la concentración en el aire de amoníaco es aproximadamente de 100 mg/m<sup>3</sup>, valor que, incluso, está muy por encima del Límite de

Inhalación por un Período corto (26.76 mg/m<sup>3</sup>). La población será completamente afectada, sin que haya suficiente tiempo para la evacuación de la misma.

Resultados Concentración 2 de interés (26.76 mg/m<sup>3</sup>)

1) Area de Exclusión: 27,587 m<sup>2</sup>.

2) Distancia Y<sub>exc.</sub> (máxima) = 128 m. a una distancia de 231 m.

3) Y los resultados de concentración a X distancias en dirección del viento desde el punto de la fuga son los siguientes:

Distancia X (m)	Concentración C <sub>(x,0,0)</sub> mg/m <sup>3</sup>	Y <sub>exc.</sub> (m)	σ <sub>y</sub> (m)	σ <sub>z</sub> (m)
21	1806.37	40.23	4.19	1.71
43	552.043	51.42	7.79	3.42
64	261.59	62.61	11.19	5.14
86	152.53	73.81	14.48	6.88
107	100.00	85.00	17.68	8.62
129	70.80	96.19	20.81	10.37
150	52.811	107.40	23.90	12.13
193	32.70	113.60	29.91	15.66
215	26.75	0.00	32.86	17.44
236	22.29	0.00	35.79	19.22

Estos resultados permiten realizar el siguiente:

- Pronóstico de Afectación:

Por la generación de este accidente, la comunidad cercana será afectada y, para el caso de una concentración equivalente al valor del Límite de Inhalación por un Período Corto, ésta concentración existirá en el aire hasta en una distancia de 191 metros en dirección del viento, afectando una área de  $27,587 \text{ m}^2$  con una distancia de exclusión es de 128 m.

De los valores de distancia y concentración obtenidos, se puede saber que a 107 metros de distancia existe una concentración de  $100 \text{ mg/m}^3$ . Nuevamente, se concluye que la población será afectada por exponerse a una concentración superior a Límite de Inhalación aceptado para 5 minutos, lo cual afectará su salud, sin que haya prácticamente alguna posibilidad de realizar la evacuación con suficiente tiempo, pues la nube alcanzaría el lugar en un tiempo de medio minuto, tiempo que es insuficiente para realizar una evacuación completa sin que resulten perjuicios a la salud.

El resultado de la modelación para la concentración del IDLH no se puede obtener gráficamente, debido a que el Programa no alcanza a determinar suficientes valores para trazar la curva de isoconcentración correspondiente. Esto se debe fundamentalmente a que la modelación se hizo con condiciones atmosféricas distintas a las del primer caso de estudio, en particular se ha supuesto que la velocidad del viento es de  $3 \text{ m/s}$  con una radiación solar media;

esto origina que la concentración de amoniaco en el aire se diluya más rápidamente, sin que sea posible localizar la del IDLH.

Sin embargo, con los resultados de la evaluación con el Límite de Inhalación por un período corto, se puede considerar que la concentración de  $267.60 \text{ mg/m}^3$  se alcanzará aproximadamente a una distancia de 70 metros.

La gráfica que representa a la curva de isoconcentración para las concentraciones TLV-STEL y del Límite de Inhalación por un Período Corto se muestra en la página siguiente.

3. Finalmente, con el fin de mostrar la influencia de las condiciones atmosféricas en la afectación por fugas de sustancias tóxicas, se muestra ahora los resultados de la modelación anterior, en condiciones muy similares.

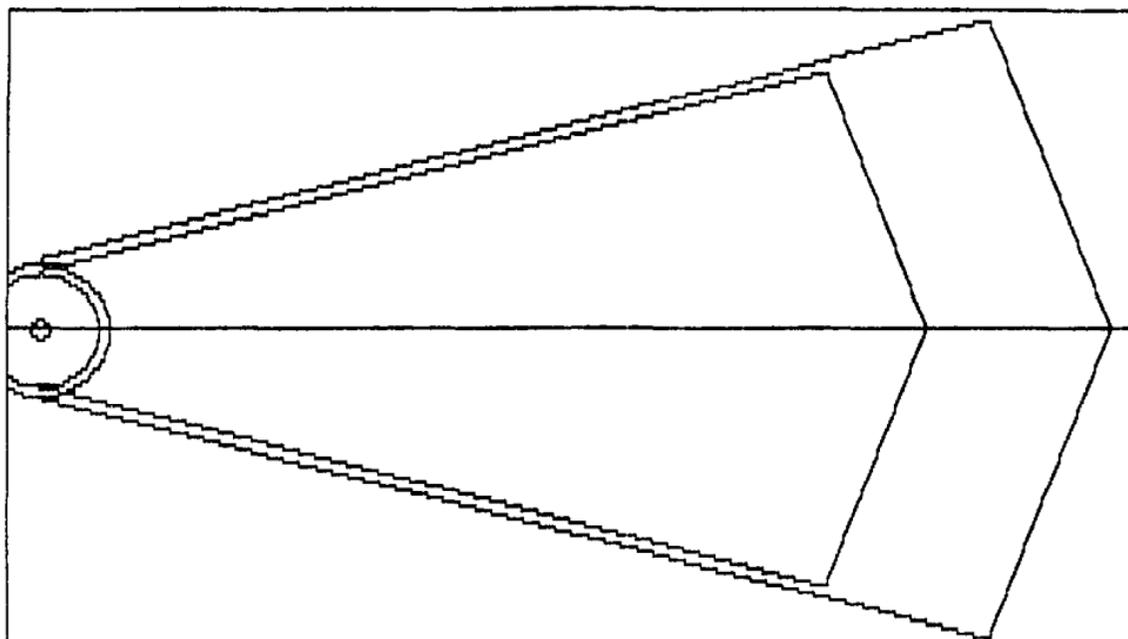
Los únicos cambios que se introducen son: El accidente ocurre por la noche, cuando la nubosidad es alta y la velocidad del viento es de 2 m/s.

Se desea igualmente saber un Pronóstico de afectación a la comunidad próxima a las instalaciones.

Los datos alimentados al Programa son iguales excepto en los cambios que se mencionan anteriormente, y los resultados son:

Gasto de Emisión: 144.7 g/s.

Clase de Estabilidad: Estable.



### MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

Datos de la Modelación  
 Gasto = 144.7 g/s  
 Altura = 1.0 m  
 Estabili. = Y  
 Vel. Vient= 3.0 m/s

Sustancia : AMONIACO

Concent.	10.730 mg/m3	26.760 mg/m3	267.600 mg/m3
Y exclu.	0.154 km	0.128 km	0.000 km
Dist Max.	0.260 m	0.215 m	0.000 m
Area. Afec	40141.289 m2	27587.341 m2	0.000 m2

(ESC) IASPIARF

Angulo de fluctuación:  $15^{\circ}$ .

Para las concentraciones de interés los resultados son:

Resultados para Concentración 1 de interés ( $18.73 \text{ mg/m}^3$ )

1) Area de Exclusión:  $0.191 \text{ km}^2$ .

2) Distancia de Exclusión  $Y_{exc.}$  (máxima) = 180 m para una distancia X en dirección del viento de 1,051 m.

3) Resultados numéricos de concentración, distancias de exclusión  $Y_{exc.}$  a diferentes distancias en dirección del viento y valores de coeficientes de dispersión.

Distancia X (m)	Concentración (x,0,0) $\text{mg/m}^3$	$Y_{exc.}$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_z$ (m)
106	800.50	56.00	6.43	4.36
212	257.80	70.00	12.11	7.30
318	132.13	83.88	17.55	9.88
424	82.13	97.84	22.82	12.24
530	56.77	111.80	28.00	14.50
636	42.00	125.75	33.00	16.56
742	32.52	139.70	38.00	19.00
848	26.06	153.66	43.00	20.50
954	21.44	167.62	48.00	22.40
1060	18.72	0.00	52.74	23.30
1166	15.71	0.00	57.54	25.45

Como en los casos anteriores, es posible ahora realizar el Pronóstico de Afectación a la Comunidad.

- Pronóstico de Afectación.

Según los resultados, a una distancia de 106 metros se alcanza una concentración de  $800.50 \text{ mg/m}^3$ , con lo cual queda demostrado que la población que vive a 100 m. será gravemente afectada por exponerse a una concentración muy superior a la del IDLH.

La afectación por la concentración de  $18.73 \text{ mg/m}^3$  es de  $191000 \text{ m}^2$  y las condiciones ambientales harán que la distancia alcanzada sea de 1,051 metros en dirección del viento, con una distancia de Exclusión de 180 m. El tiempo necesario para que la nube llegue a los 100 m. de distancia es 80 segundos aproximadamente, tiempo que es muy limitado para efectuar la evacuación.

Resultados para concentración 2 de interés ( $26.76 \text{ mg/m}^3$ )

1) Area de Exclusión:  $26.76 \text{ mg/m}^3$ .

2) Distancia de Exclusión  $Y_{exc.}$  (máxima) = 143 m en una distancia de 828 m.

3) Datos de concentración, distancias de exclusión y coeficientes de dispersión.

Distancia X	Concentración	$Y_{exc.}$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
(m)	(x, 0, 0) $\text{mg/m}^3$	(m)	(m)	(m)
83	1175.88	45.17	5.17	3.65

167	381.50	56.16	9.74	6.12
250	196.00	67.15	14.11	8.27
334	121.84	78.15	18.35	10.25
417	84.26	89.14	22.50	12.10
501	62.315	100.13	26.58	13.86
584	48.28	111.13	30.61	15.55
668	38.70	122.12	34.58	17.18
751	31.84	133.11	38.51	18.75
835	26.74	0.00	42.40	20.28
918	22.83	0.00	46.26	21.78

- Pronóstico de Afectación.

La exposición al Límite de Inhalación por 5 minutos tendrá lugar a una distancia de 828 m.

El área de exclusión es de 120,000 m<sup>2</sup> y una distancia de exclusión de 143 metros. La población saldrá muy afectada y no es posible realizar una evacuación en forma rápida en tales condiciones; por lo que se espera que haya gente con afectaciones graves en su salud.

Resultados para concentración 3 de interés (267.6 mg/m<sup>3</sup>)

1) Area de Exclusión: 7624.75 m<sup>2</sup>.

2) Distancia Yexc. (máxima) = 36.7 m. en una distancia de 206 m. en la dirección del viento.

3) Datos de concentración, distancias de exclusión y coeficientes de dispersión gaseosa.

Distancia X (m)	Concentración (x,0,0) mg/m <sup>3</sup>	Y <sub>exc.</sub> (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_z$ (m)
21	9093.00	12.25	1.45	1.30
42	3488.32	15.00	2.73	2.17
62	1868.00	17.72	3.96	2.94
83	1183.00	20.46	5.15	3.64
104	825.50	23.20	6.32	4.30
125	614.00	26.00	7.46	4.92
146	477.50	28.70	8.60	5.50
166	383.73	31.41	9.71	6.10
187	316.30	34.15	10.81	6.70
208	266.00	0.00	11.90	7.20
229	227.40	0.00	13.00	7.73

- Pronóstico de Afectación.

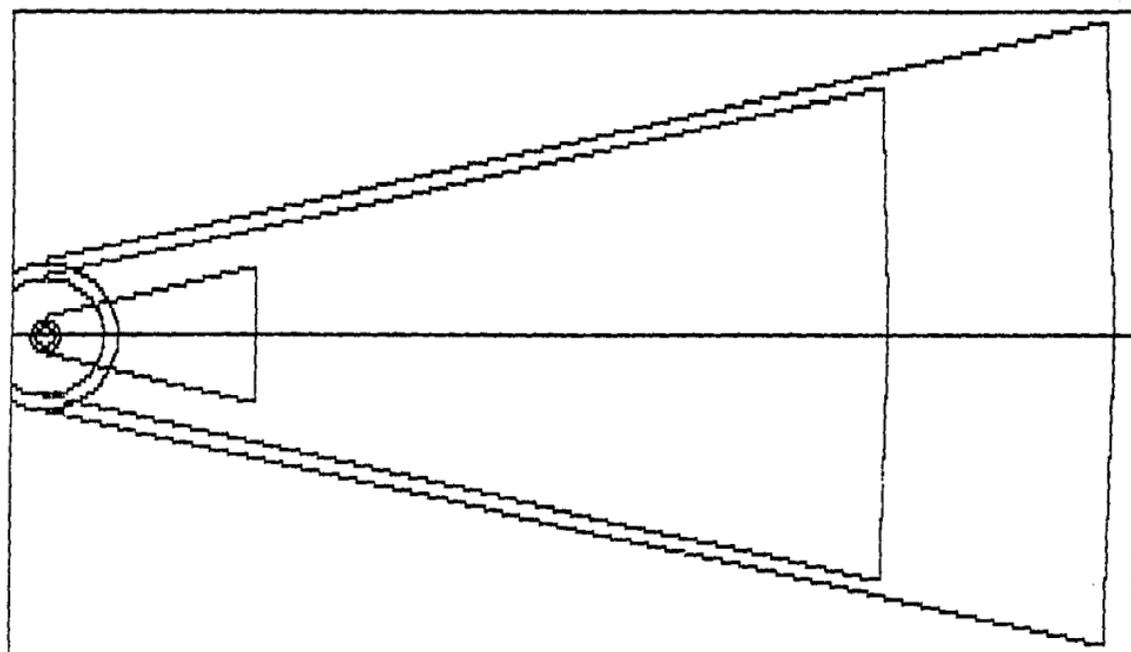
La exposición a una concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud, ocurrirá según la modelación, cuando la nube de amoníaco formada alcance una distancia aproximada de 200 m., a la cual se tiene una distancia de Exclusión o de Riesgo de 36.7 m., y afectando una área de 7624.75 m<sup>2</sup>.

El tiempo para el que la nube alcance una distancia de 200 m es de

1.7 minutos, ya que la velocidad del viento es de 2 m/s.

Pero la población más próxima, localizada a 100 metros, resultará severamente afectada, pues según los resultados, a 104 m. de distancia existirá una concentración en el aire de  $825.50 \text{ mg/m}^3$ ; dicha distancia se alcanza en un tiempo menor a un minuto, tiempo que sería insuficiente para desalojar a la gente en un accidente que ocurre por la noche.

Una concentración de  $800 \text{ mg/m}^3$  es equivalente a 1500 ppm, y una exposición a esas concentraciones causaría grandes daños a la salud de las personas. Seguramente, las personas expuestas tendrán un espasmo bronquial, con tos severa, y menos de una hora de exposición resultará fatal. Los servicios de atención médica tendrán que prestarse en menos de media hora.



### MODELO DE FUGAS Y DERRAMES

Sustancia : AMONIACO

Datos de la Modelacion

Gasto = 144.7 g/s  
 Altura = 1.0 m  
 Estabili = E  
 Vel. Vient = 2.0 m/s

Concent.  
 Y exclu.  
 Dist Max.  
 Area. Afec

18.730 mg/m<sup>3</sup>  
 0.120 km  
 1.060 m  
 0.131 km<sup>2</sup>

26.760 mg/m<sup>3</sup>  
 0.143 km  
 0.835 m  
 0.120 km<sup>2</sup>

267.600 mg/m<sup>3</sup>  
 0.037 km  
 0.208 m  
 0.008 km<sup>2</sup>

(EPC) INGENIERIA

#### \* Escenarios de Emisión Masiva e Instantánea (DFMI).

También, como en el caso de las emisiones continuas, el cálculo de las fugas masivas de materiales se pueden efectuar por medio de un programa de cómputo. En la página siguiente se muestra un diagrama de flujo para operar el modelo que aquí se presenta. Este es el procedimiento utilizado para la modelación de las fugas masivas e instantáneas de materiales tóxicos. El procedimiento se aplica aquí para conocer los pronósticos de afectación por fugas de amoníaco.

1. En una planta de proceso existe un tanque de almacenamiento horizontal que contiene 6500 kg. de amoníaco anhidro. Por alguna falla técnica o de operación, se incrementó la presión interna del tanque, lo que ocasionó la ruptura total del mismo por una de las tapas extremas del tanque, liberando casi en forma instantánea su contenido. El tanque tiene un diámetro aproximado de 1.5 m y está elevado a una altura de 3.0 m.

El accidente ocurre en un día en el que la velocidad del viento es de 2 m/s en condición atmosférica estable.

Se desea conocer el impacto a la comunidad, sabiendo que existe una población ubicada a 1 km. de distancia al sur de la planta.

- En este caso, la distancia de interés será de 1 km. y se hará la evaluación del impacto tomando en cuenta la concentración que

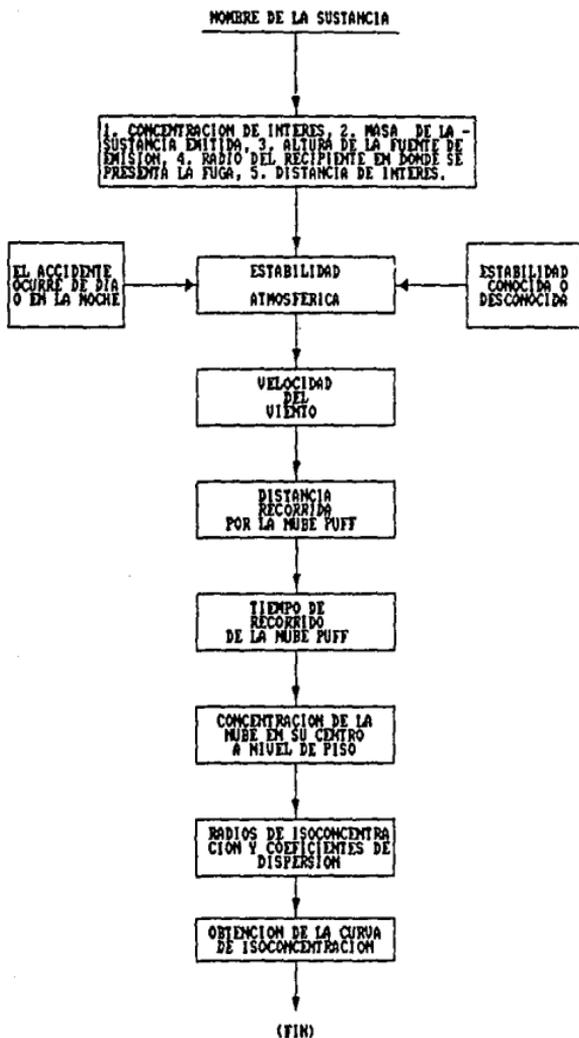


Fig. 5-2. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EJECUCION DEL PROGRAMA DE COMPUTO EN LA MODELACION DE FUGA HA SIVA E INSTANTANERS (DFRI).

corresponde al IDLH.

- Datos alimentados al Programa:

- a) Nombre de la sustancia: AMONIACO
- b) Masa emitida: 6,500 kg.
- c) Altura de la emisión: 3.00 m.
- d) Radio del recipiente: 0.75 m.
- e) Velocidad del viento: 2 m/s.
- f) Clase de estabilidad: Estable.
- g) Concentración de interés: 267.6 mg/m<sup>3</sup>.
- h) Distancia de interés: 1 km.

- Resultados de la Modelación:

- 1) Para una distancia de 1 km, la concentración es de 14,699 mg/m<sup>3</sup> y la nube alcanza dicha distancia en un tiempo de 8 minutos con 20 segundos.
- 2) La concentración de interés 267.60 mg/m<sup>3</sup> se tendrá a una distancia de 5,090 metros, en 42 minutos y 23 segundos.
- 3) Los valores de distancia X, concentración, radio de la curva de isoconcentración, tiempo de recorrido y valores de coeficientes de dispersión son:

Distancia (km)	Concentración mg/m <sup>3</sup>	Radio Ci. (m)	Tiempo	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_z$ (m)
0.509	77,557.17	91	4'14''	26.96	14.02
1.017	14,006.22	143	8'29''	50.79	22.38

1.526	4,756.39	176	12'43''	73.58	31.69
2.035	2,313.14	199	16'57''	95.71	38.64
2.543	1,345.92	211	21'12''	117.36	44.25
3.052	872.46	213	25'26''	138.65	48.97
3.561	807.91	204	29'40''	159.62	53.06
4.070	446.05	182	33'55''	180.34	56.68
4.578	340.28	139	38'09''	200.84	59.94
5.087	267.52	0	42'23''	221.14	62.90

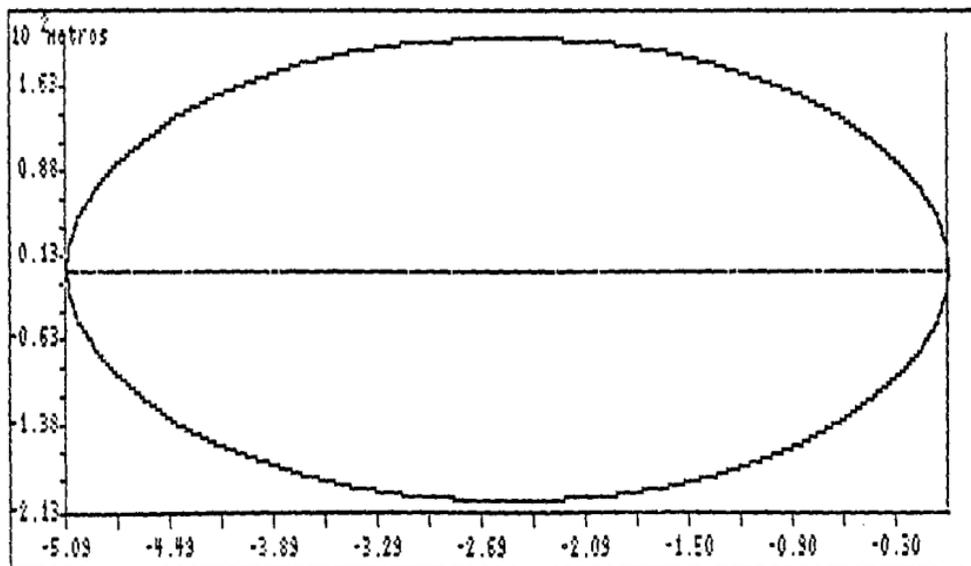
- Pronóstico de Afectación.

Cualquier población comprendida en los cinco kilómetros desde el lugar del accidente será afectada y será necesario realizar la evacuación de acuerdo a los Programas de Prevención de Accidentes existentes.

A un kilómetro de distancia la concentración será de  $14,700 \text{ mg/m}^3$  y la exposición a esta cantidad de amoníaco es mortal. Será necesario establecer los procedimientos de evacuación de acuerdo a los Programas de Prevención de Accidentes a nivel local.

En la página siguiente se muestra la gráfica que corresponde a esta modelación.

MODELO DE DISPERSION PUFF



Kilometros

2. En otro accidente industrial, en una área de tanques de proceso se presenta una fuga de amoníaco en forma masiva e instantánea. El recipiente de proceso tiene un diámetro de 2 m. y libera 5,000 kg de amoníaco a una altura de 1 m. desde el nivel del piso.

El accidente ocurre de día, con radiación solar moderada y con una velocidad de viento de 3.0 m/s.

Se desea conocer si una pequeña comunidad será afectada, que se encuentra a 1,500 metros al sur de la planta industrial donde sucede el accidente.

- Para realizar la modelación, se considerará la concentración de interés del IDLH, es decir  $267.60 \text{ mg/m}^3$ .

- Datos Alimentados al Programa.

a) Nombre de la sustancia: AMONIACO.

b) Masa emitida: 5,000 kg.

c) Altura de emisión: 1.00 m.

d) Radio del recipiente: 1 m.

e) Velocidad del viento: 3.0 m/s.

f) Clase de estabilidad desconocida.

g) Concentración de interés:  $267.6 \text{ mg/m}^3$ .

h) Distancia de interés: 1.5 km.

- Resultados de la Modelación.

1) Como resultado de que la estabilidad no es conocida desde el inicio de la modelación, el Programa muestra que el tipo de

estabilidad atmosférica de esta situación es intermedia.

2) Para la distancia de interés de 1.5 km. la concentración de la nube es de 140.5 mg/m<sup>3</sup> y la nube alcanzará dicha distancia en un tiempo de 8 minutos con 20 segundos.

3) La concentración IDLH existe hasta una distancia de 1,190 m., y la nube logrará esta distancia en un tiempo de 6 minutos con 38 segundos.

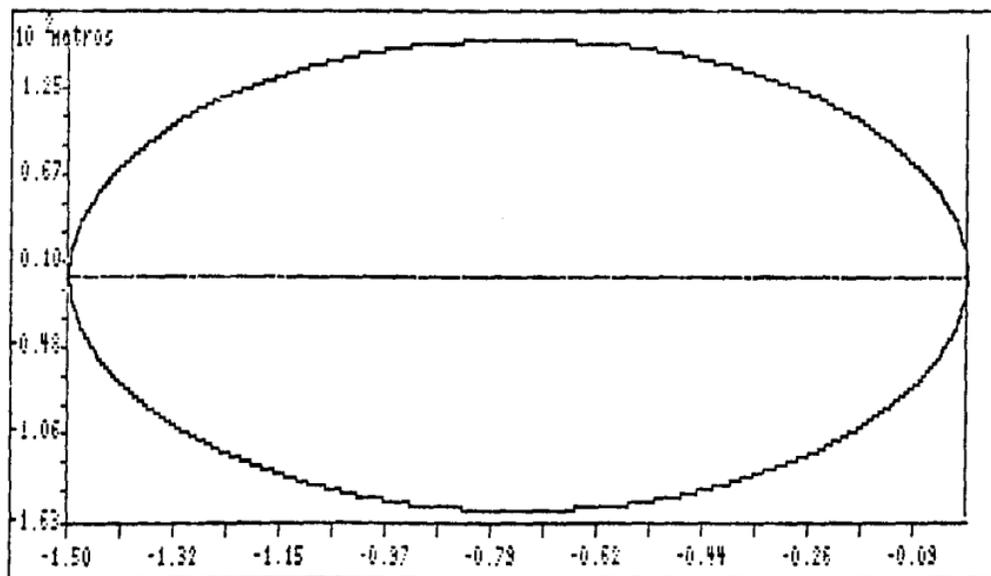
4) Los datos de distancia X, concentración, radio de la curva de isoconcentración, tiempo de recorrido de la nube y los valores de los coeficientes de dispersión obtenidos del Programa de Cómputo se muestran a continuación:

Distancia (km)	Concentración mg./m <sup>3</sup>	Radio Ci (m)	Tiempo	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_z$ (m)
0.150	88,634.72	81	0'50''	23.82	12.09
0.300	12,791.00	123	1'40''	44.28	24.50
0.450	4,132.60	149	2'30''	63.63	37.12
0.600	1,847.80	162	3'20''	82.31	50.00
0.750	988.00	162	4'10''	100.50	62.78
0.900	592.10	149	4'50''	118.31	75.78
1.050	383.80	115	5'50''	135.80	88.87
1.200	263.50	0	6'40''	153.00	102.00
1.350	189.10	0	7'30''	170.00	115.30
1.500	140.50	0	8'20''	186.85	128.60

- Pronóstico de Afectación.

Para la distancia de interés, es decir para saber la afectación a una distancia de 1.5 km. se sabe, según los resultados, que la concentración a esa distancia es de  $140.50 \text{ mg/m}^3$ , es decir la población no será afectada por la concentración que corresponde al IDLH. La nube llegará a una distancia de 1,500 m. en un tiempo de 8 minutos con 20 segundos. La concentración IDLH se logra a una distancia de 1.19 km en un tiempo de 6 minutos con 38 segundos. Aunque la población ubicada a 1,500 metros de distancia no será afectada por la concentración del IDLH será necesario establecer un Plan de Emergencia para una situación como ésta.

MODELO DE DISPERSION PUFF



Kilometros

3. Ahora se desea conocer el impacto que tendrá el accidente del punto anterior, cuando se produce durante la noche con una nubosidad alta y velocidad de viento de 3 m/s.

Se desea conocer igualmente, el impacto que sufrirá la población localizada a 1,500 metros al sur del lugar del accidente.

- Los datos proporcionados al Programa son los mismos que en el caso anterior, con excepción de que el accidente se produce por la noche y con nubosidad alta, obviamente con un tipo de estabilidad desconocida.

- Resultados de la Modelación.

1) Tipo de estabilidad para las condiciones atmosféricas que se proporcionan: Neutra.

2) Para una distancia de interés de 1,500 metros, la concentración en el aire es de 1,483.15 mg/m<sup>3</sup> y el tiempo transcurrido para que la nube llegue al lugar de interés es, como en el caso anterior, de 8 minutos y 20 segundos.

3) La nube tóxica de amoníaco tendrá una concentración igual a la del IDLH a una distancia de 2.88 km., distancia que alcanzará en un tiempo de 15 minutos y 59 segundos.

4) Los resultados completos se muestran a continuación:

Distancia (km)	Concentración mg/m <sup>3</sup>	Radio Ci (m)	Tiempo	oy (m)	oz (m)
0.288	111,417.80	77	1'36''	22.00	11.31

0.575	18,330.18	120	3'12''	41.16	19.99
0.863	6,338.51	150	4'48''	59.47	27.90
1.150	2,978.90	170	6'23''	77.23	35.35
1.438	1,657.24	181	7'59''	94.60	42.46
1.726	1,026.00	183	9'35''	111.60	49.33
2.013	684.00	176	11'11''	128.36	56.00
2.301	481.26	157	12'47''	145.00	62.48
2.588	353.00	120	14'23''	161.27	68.84
2.876	267.43	0	15'59''	177.46	75.06

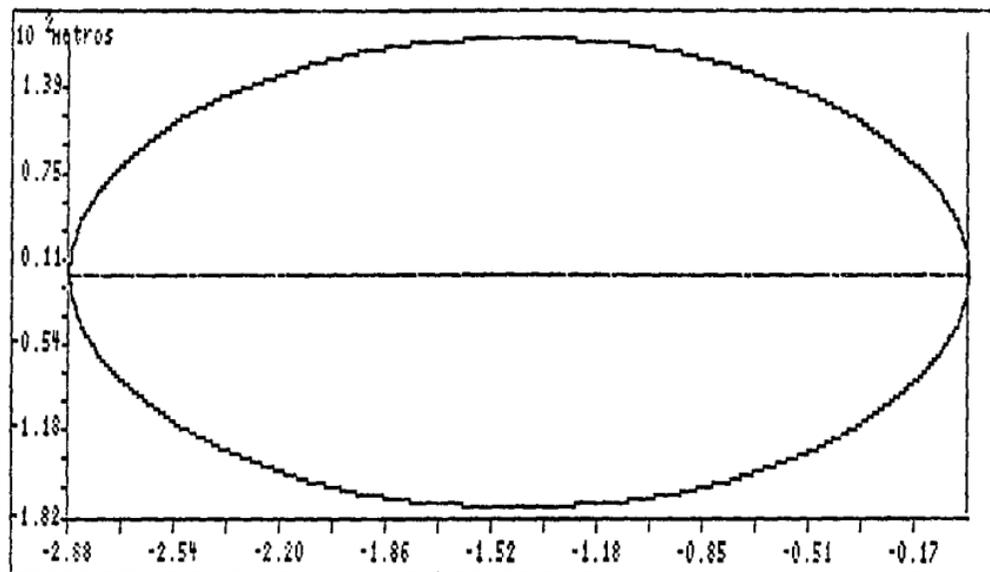
- Pronóstico de Afectación.

La población a 1,500 metros del lugar del accidente será fuertemente afectada debido a la concentración tan elevada de amoníaco presente en el aire.

La problemática de este accidente se agrava debido a que se produce por la noche, lo cual hace que sea más difícil aplicar algún Plan de Emergencias.

Es importante considerar que el simple cambio de las condiciones de estabilidad atmosférica agrava la situación por la gran diferencia de concentración de amoníaco al que se expone la población. La gráfica resultante de la modelación se muestra en la página siguiente. En el caso anterior, el accidente se produjo de día en condiciones de estabilidad atmosférica intermedia,

MODELO DE DISPERSION PUFF



Kilometros

teniendo una concentración de  $140.50 \text{ mg/m}^3$  a 1.5 km; en éste caso la concentración resultante es de  $1,483.15 \text{ mg/m}^3$ .

Generalmente, la producción de accidentes por la noche tienen un efecto mayor que los que se producen de día. Durante el día las condiciones atmosféricas originan una mayor dispersión de los gases, por la noche, en condiciones neutras, no existen grandes variaciones en las corrientes de aire que originen la dispersión gaseosa, lo cual trae como consecuencia mayores niveles de concentración en el centro de la nube tóxica.

Como conclusión, todos los accidentes industriales por la noche, tendrán que ser considerados con mayor atención a fin de evaluar los dispositivos de seguridad, los medios de mitigación, así como la implementación de los Planes de Emergencia.

La tendencia actual es la de implementar Programas de Prevención de Accidentes a nivel interno y externo, los cuales tendrán como base el Análisis de Riesgo de la planta que se trate. En los Programas de Prevención de Accidentes intervienen las autoridades locales, las empresas y la población local.

También, existen reglas básicas de seguridad para el manejo de amoníaco en la industria, de las cuales se tratará en el próximo capítulo.

## CAPITULO 6

### POSIBLES METODOS DE CONTROL Y REMEDIACION

Este último capítulo está dedicado a hacer una señalización no profunda de los métodos para establecer un control en los procesos industriales por medio de los que sea posible mostrar una visión general de los riesgos inherentes en las plantas de proceso que manejan amoníaco y de los sistemas y/o prácticas de seguridad industrial que ayuden a controlar y remediar los accidentes que originan escapes de amoníaco.

Los posibles métodos aplicables al control y remediación de los accidentes industriales que podrían afectar en cualquier momento de la operación "normal" de los procesos, tienen como base la información obtenida de los Modelos de Dispersión Gaseosa.

La "remediación" se entiende aquí como un término equivalente a la "mitigación".

El propósito del Modelo de Fugas de Materiales tóxicos es proveer una herramienta para ejecutar la disminución de las fugas. La mitigación de las fugas se define como la disminución del riesgo de un incidente de fuga por actuación sobre la fuente (el punto de escape) o bien (1) en una manera preventiva para reducir la probabilidad de un evento, el cual generaría una nube de gas o vapor de alto riesgo o (2) en una manera de protección por reducción de la magnitud de la fuga y/o la exposición de personas y propiedades locales.

El procedimiento de diseño de mitigación de fugas se puede representar como en la figura 6-1. Una vez que el Modelo de fugas de materiales tóxicos se ha completado, se usa para predecir el impacto de las mismas. Esto incluye el área y número de personas afectadas y la manera en la cual son afectados.

Llegados a este punto, se hace una decisión de si el riesgo es aceptable. Si el riesgo es aceptable, el proceso se opera. Si por el contrario el riesgo no es aceptable, se hace un cambio para reducirlo. Esto incluye cambios de operación o del proceso mismo, o desarrollar un adecuado Procedimiento de atención a Emergencias. Después se desarrolla un nuevo modelo de fuga de material tóxico para los cambios incorporados en el proceso y el impacto de la fuga se evalúa nuevamente. Se continúa con la evaluación del proceso hasta que el riesgo se reduce a niveles aceptables.

El mejor método para prevenir una fuga de materiales tóxicos es evitar el accidente principal, es decir, impedir aquella situación que provocaría el escape a través de una fuente cualquiera.

Sin embargo, los ingenieros deben estar preparados para cualquier evento de un accidente. La mitigación de fugas involucra (1) la detección de la fuga por cualquier medio, (2) detener la fuga tan pronto como sea posible, y (3) implementar un procedimiento de mitigación a fin de reducir el impacto de la fuga en los alrededores. Una vez que el material fugado está en forma de gas o vapor, la nube resultante es casi imposible de controlar.

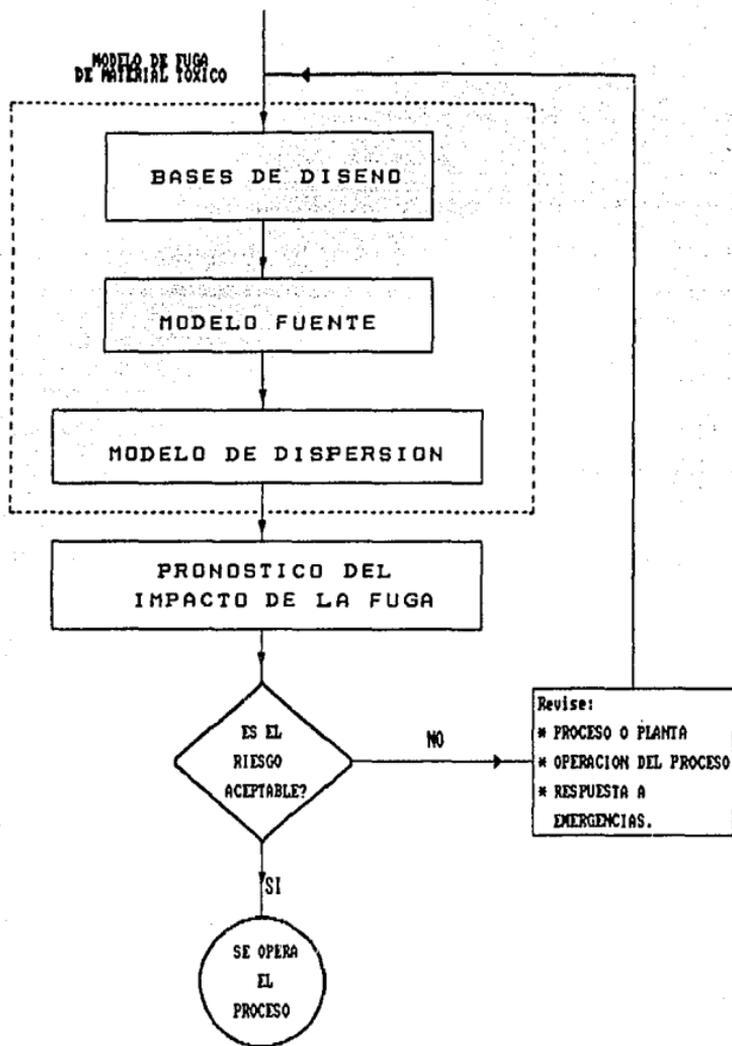


FIG. 6-1. DIAGRAMA DE FLUJO QUE INDICA EL PROCEDIMIENTO DE MITIGACION DE FUGAS DE MATERIALES TOXICOS.

Así, un procedimiento de emergencia debe estribar en reducir la cantidad de gases y vapores escapados.

En la tabla 8A de la página siguiente se mencionan métodos adicionales y técnicas detalladas de la mitigación de fugas.

La prevención de accidentes industriales por fugas de amoníaco en cualquier unidad de proceso es fundamental y para ello se requiere efectuar una serie de acciones de seguridad que van desde la aplicación de los Modelos de Pronóstico de Fallas y el establecimiento de medidas preventivas, a través de adecuados Programas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.

Los Modelos de Pronóstico de Fallas se llevan a cabo por medio de un Análisis de Seguridad en Procesos. A su vez, el Análisis de Seguridad en Procesos forma parte de un Análisis de Riesgo de la planta industrial completa.

Como resultado de la aplicación de un Análisis de Seguridad en Procesos, se establecerán los Programas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.

El Análisis de Seguridad en Procesos (ASP) es el conjunto de técnicas sistemáticas que se aplican para identificar riesgos potenciales en un proceso, con objeto de especificar medidas para su eliminación y control. También como parte integrante de la Administración de Riesgos, el ASP es un sistema que involucra a la organización en la prevención efectiva de accidentes y eventos no deseados que provocan pérdidas.

**T A B L A 6 A**  
**MÉTODOS PARA LA MITIGACION DE FUGAS**

**AREA DE APLICACION**

**E J E M P L O S**

<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	<p>REDUCCION DE INVENTARIOS: REDUCIR LOS INVENTARIOS DE SUSTANCIAS QUIMICAS Y PERDIDAS EN RECIPIENTES DE PROCESO.</p> <p>SUBSTITUCION: SUBSTITUIR MATERIALES DE ALTO RIESGO POR OTROS DE MENOR RIESGO.</p>
<b>INGENIERIA DE DISEÑO</b>	<p>MODIFICACION DEL PROCESO: USAR BAJAS TEMPERATURAS Y PRESIONES.</p> <p>INTEGRIDAD FISICA DE LA PLANTA: USAR MEJORES MATERIALES DE CONSTRUCCION.</p> <p>INTEGRIDAD DEL PROCESO: ASEGURARSE DE LAS CONDICIONES DE OPERACION Y DE LA PUREZA DE LOS MATERIALES.</p>
<b>ADMINISTRACION</b>	<p>CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE PROCESO PARA CONTROL DE EMERGENCIAS: SISTEMAS DE DESFOGUE PARA EMERGENCIAS.</p> <p>CONTENEDORES DE DERRAMES: DIQUES Y DRENAJES.</p> <p>POLIZAS DE SEGUROS Y PROCEDIMIENTOS.</p> <p>ENTRENAMIENTO PARA CONTROLAR Y PREVENIR FUGAS DE GAS O VAPOR.</p> <p>AUDITORIAS E INSPECCIONES.</p> <p>PRUEBA DE EQUIPOS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.</p> <p>ADMINISTRACION DE MODIFICACIONES Y CAMBIOS PARA PREVENCION DE RIESGOS.</p> <p>SEGURIDAD PATRIMONIAL.</p>
<b>SISTEMAS DE ALARMA Y DETECCION DE GASES CONTRAMEDIDAS</b>	<p>SISTEMAS DE DETECCION Y DETECCION POR EL PERSONAL.</p> <p>SISTEMA CONTRA INCENDIO.</p> <p>CORTINAS DE AGUA Y DE VAPOR.</p> <p>SISTEMAS DE VENTILACION.</p> <p>DILUCION.</p>
<b>RESPUESTA A LAS EMERGENCIAS</b>	<p>SISTEMAS DE EXTINCION A BASE DE ESPUMAS.</p> <p>COMUNICACIONES EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE.</p> <p>PROCEDIMIENTOS Y EQUIPO PARA ATENDER LA EMERGENCIA.</p> <p>EVACUACION DE PERSONAL Y PUNTOS DE REUNION.</p> <p>EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.</p> <p>TRATAMIENTO MEDICO Y PRIMEROS AUXILIOS.</p> <p>PLAN DE EMERGENCIA, PROCEDIMIENTOS, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS.</p>

De los Modelos de Pronóstico de Fallas que se aplican en un ASP, pueden emplearse los siguientes al estudio de una unidad de proceso que maneja amoníaco.

- Índice Mond de Toxicidad (también de Fuego y Explosión).
- Análisis de Falla y Efecto.
- Arbol de Fallas
- Qué pasaría si?

Con el Índice Mond, es posible conocer el grado de riesgo de una instalación en forma cuantitativa; el campo de este análisis está enfocado a determinar y evaluar los riesgos potenciales de incendio, explosión y toxicidad de los materiales que se manejan en un proceso, así como al riesgo total del mismo proceso.

El Análisis de Falla y Efecto es una técnica de análisis de riesgo que se aplica para los campos de operabilidad y de sistemas de protección de procesos. Escencialmente, el procedimiento de análisis requiere una descripción completa del proceso y cuestiona cada una de sus partes para determinar las desviaciones del propósito original para que fueron diseñadas y determinar así cuales de esas desviaciones pueden generar riesgos al proceso o al personal. El método de Análisis de Falla y Efecto además de ser sencillo y práctico, es uno de los más completos sistemas de análisis y proporciona resultados sobre los procesos de una profundidad tal, que constituye en si mismo, una herramienta muy valiosa de aprendizaje y comprensión de los procesos estudiados.

La técnica de Arbol de Fallas parte de la premisa de que la probabilidad de ocurrencia de un incidente de pérdida o accidente no puede reducirse en su totalidad. En cuanto haya una capacidad de pérdida existirá una probabilidad matemática de pérdida y los incidentes de pérdida ocurrirán con la frecuencia dictada por esta probabilidad. Para que haya cero pérdidas, debe haber cero capacidad de pérdidas y esto se traduce en cero capacidad de producción y utilidades. Prevención de pérdidas es realmente Control, sin comprometer la producción y las utilidades. Entonces, la aplicación del Arbol de Fallas permite evaluar la probabilidad de pérdida y compararla con la magnitud de la pérdida misma, acciones que por tradición se han venido haciendo en forma intuitiva en la industria, sin la cuantificación de las probabilidades, de tal manera que difícilmente se toma una decisión con el pleno conocimiento de falta.

Y la técnica de análisis Qué pasaría si? se aplica para evaluar el campo de sistemas de protección de procesos y es un método de análisis de riesgos general que difiere de otros porque no es tan rígido y sistemático, y puede aplicarse tanto a una sección del proceso como a toda la unidad. Con éste método se supone que ocurre una falla sin considerar qué fue lo que la causa. Se buscan fallas como: Qué pasaría si hay pérdida de servicios (agua de enfriamiento, agua de proceso, aire de instrumentos, vapor)?; Qué pasaría si hay una pérdida de energía eléctrica?; Qué pasaría si

hay una explosión o un incendio interno?; Qué pasaría si hay pérdida del sistema de agua contra incendio?; etc.

Aplicando estos modelos se podrán analizar diversos aspectos de riesgo, se podrá evaluar su magnitud y probabilidad de ocurrencia y se guiará un grupo de análisis a encontrar sistemáticamente las medidas preventivas o de contingencia que eliminen, minimicen o controlen el riesgo.

El amoníaco fugado de las unidades de proceso se clasifica en: Derrames, fugas operacionales y fugas debidas a fallas de equipo. Las secciones de una planta típica de amoníaco donde probablemente se fuga amoníaco son los procesos de separación de condensados, en las unidades de síntesis, en los sistemas de refrigeración y en los tanques de almacenamiento.

Las bridas, las válvulas y sellos de bombas y compresores son todas fuentes potenciales de derrames.

El Programa de Mantenimiento Preventivo deberá contemplar hacer el cambio de válvulas oportunamente, también hará un estudio para minimizar al máximo el número de bridas en tuberías e instalarlas sólo donde sea realmente necesario.

En las bridas se podrán instalar canales de seguridad en la parte inferior de las mismas, los cuales conduzcan los derrames a un ducto principal de derrames, para su posterior recuperación.

Para evitar fugas de amoníaco líquido a través de válvulas, se deberán colocar en ellas empaques de grafito en vez de empaques

convencionales de asbesto. Nunca se deberán usar válvulas de cobre, bronce o aleaciones similares, ya que estos materiales se corroen fácilmente con el amoníaco en presencia de pequeñas cantidades de humedad.

Se deberán revisar periódicamente los sellos de las bombas y de los compresores. Los sellos de compresores son normalmente de tipo película de aceite, que funcionan correctamente al manejar amoníaco, sin embargo éste tipo de sellos se pueden reemplazar con sellos dinámicos que operan en seco. Estos son similares a los sellos mecánicos excepto que el movimiento del sello está diseñado de tal forma que las fuerzas aerodinámicas causan muy pequeña separación del sello en movimiento y la parte estacionaria. El escape que resulta de este tipo de sellos es muy bajo, sobre todo cuando el gas de retorno del sello está cerca de la presión atmosférica. Estos sellos consumen substancialmente menos energía que los sellos de aceite.

Los escapes de bridas, válvulas, bombas y compresores son minimizados con buenas prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Las prácticas de mantenimiento incluirán procedimientos para despresurización, drenado, limpieza por inundación e inertizado antes de abrir los equipos para reducir los escapes de amoníaco a la atmósfera. En general, es esencial revisar periódicamente los sistemas de instrumentación, de desfogue y los de interlock.

En una instalación donde se maneja amoníaco, es importante también mantener en óptimas condiciones los sistemas de energía eléctrica; los tableros, el sistema de conexiones, los cables, etc., deben ser a Prueba de Explosión y en general la instalación eléctrica se hará de acuerdo a las Normas de instalaciones eléctricas de la Secretaría de Comercio.

También será importante que todos los equipos motrices, los tanques de almacenamiento y de proceso y en las áreas de carga y descarga de amoníaco cuenten con su sistema de aterrizado (sistema de tierras) para eliminar electricidad estática, ya que ésta condición representa un riesgo, al servir como fuente de ignición. La instalación del sistema para eliminar electricidad estática se hará considerando la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo (Anexo 6)

Es importante recordar que la ocurrencia de accidentes de gran magnitud en la industria también se deben a fallas técnicas cuyas causas no son atribuibles a errores del personal que opera en las plantas de proceso. La ruptura de una gran tubería por la que fluye amoníaco u otro material tóxico, así como la caída de algún tanque de almacenamiento puede surgir a raíz de un movimiento telúrico, por ejemplo.

A propósito de los accidentes ocurridos por fenómenos naturales o por fallas del equipo; es fundamental tener presente que cada vez

que se trata de diseñar equipo o estructuras, el diseño se hará considerando los Códigos de Construcción y de Seguridad que establecen la especificación de materiales, la resistencia de los mismos, etc.

Para el caso del amoniaco, el diseño de los equipos que contendrán ésta sustancia se hará conforme a lo establecido por el Código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), haciendo la especificación de materiales establecida por la Sociedad Americana para Prueba de Materiales (ASTM); considerando también otros Códigos de construcción y de especificación de materiales. El tipo de recipientes que contendrán amoniaco serán de acero al carbono, material que es apropiado por resistir la corrosión. Para los recipientes que manejen amoniaco se podrá utilizar acero al carbón especificado por la ASTM como Acero A-285 Grado C, cuyo esfuerzo de fluencia mínimo es de 30,000 lib/pul<sup>2</sup>.

En México, también se debe tomar en cuenta para la construcción de equipos, las estipulaciones del Reglamento para la Inspección de Generadores de vapor y recipientes sujetos a presión de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social así como las Normas establecidas por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio.

Para los reactores de síntesis de amoniaco se utilizarán materiales especiales, ya que además operarán a altas temperaturas y presiones.

Para los reactores de síntesis que manejan al mismo tiempo hidrógeno, nitrógeno y amoníaco a altas temperaturas y presiones, se podrán utilizar aleaciones especiales de hierro, de cromo, níquel, molibdeno, etc. Por ejemplo, a una temperatura de 700 °C, el material de un reactor de síntesis de amoníaco podrá estar constituido de 18 a 20% de cromo, 14% de níquel, 0.10% como máximo de carbono, 3 a 4% de molibdeno, y el resto de hierro.

Respecto al transporte de amoníaco, también existen criterios para construir los autotanques o carrotanques en que será transportado, con el fin de lograr la mayor seguridad en el transporte y evitar accidentes en trayecto o en las operaciones de carga y descarga. Los autotanques deberán construirse según el Código ASME, sección VIII División I.

Los carrotanques autorizados para la transportación de amoníaco anhidro, tendrán que cumplir con los requisitos establecidos por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT). Los carrotanques pertenecen a la clasificación DOT 105 A 300-W (carros tanque chico con aislamiento térmico) y DOT 112 A 340-W (carros jumbo sin aislamiento térmico).

En México, las empresas con unidades para transporte de amoníaco y los transportistas en general de sustancias tóxicas, deberán sujetarse a lo estipulado por las Normas de Seguridad establecidas en materia de transporte de sustancias de alto riesgo, aún cuando el diseño y operación de sus unidades se hayan diseñado con Normas

extranjeras. A este respecto, las Normas Oficiales Mexicanas de Construcción e Inspección de la Secretaría de Comercio, así como el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes juegan un papel de considerable importancia.

Adicionalmente, las plantas de proceso y las unidades para el transporte de amoníaco tendrán que contar con sistemas para reducir al máximo la formación de accidentes donde se liberaría esa sustancia.

Por otro lado, los impactos ambientales por el amoníaco son de considerable importancia, y se debe tener en mente que las fugas tanto operacionales como las grandes emisiones catastróficas tendrán un efecto detrimento en el medio ambiente.

Precisamente, es fundamental que las empresas que manejen amoníaco u otras sustancias tóxicas desarrollen métodos para evaluar los Riesgos de Impacto a la Comunidad en Plantas de Proceso o en otras actividades, como la transportación; pero los mismos estudios se hacen con el objeto de conocer las afectaciones al medio ambiente en general, con objeto de implementar las medidas de control o de mitigación necesarias.

Las regulaciones actuales en materia de ecología son de considerable importancia. La legislación actual está enfocada a regular principalmente el manejo y transportación de materiales que se considera constituyen un alto riesgo de acuerdo a sus

propiedades de toxicidad, reactividad e inflamabilidad.

En este sentido, el manejo de sustancias se regula a través del Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología (hoy Secretaría de Desarrollo Social), expiden el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de marzo de 1990.

En cuanto a transportación, el transporte de materiales de alto riesgo, como el amoníaco, debe cumplir con el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología expiden el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas se fundamenta en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

El criterio adoptado en dicho Acuerdo para determinar cuales actividades deben considerarse altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, ocasionarían una afectación

significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Por lo tanto, en dicho Acuerdo, que se anexa al final de ésta tésis, se establece que es necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias riesgosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso convierten su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en una área determinada por una franja de 100 metros en torno a las instalaciones, o medio de transporte, y en el caso de la formación de nubes explosivas, la existencia de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia riesgosa, se le denomina Cantidad de Reporte.

El Artículo 1o. del Acuerdo establece: Se considerará como Actividad Altamente Riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la Cantidad de Reporte.

El artículo 2o. establece: Para los efectos de éste ordenamiento, se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes: Cantidad de Reporte: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por

causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

**Manejo:** Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: Producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

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

**Sustancia tóxica:** Aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

En el Artículo 3o. Fracción II de éste Acuerdo se establece la Cantidad de Reporte para el amoníaco en una cantidad de 10 kg.

Así, cualquier actividad donde se maneje amoníaco en una cantidad igual o mayor a su Cantidad de Reporte, se considerará una actividad Altamente Riesgosa.

Por otra parte, el transporte de materiales que constituyen un riesgo en su manejo, debe cumplir con el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dicho Reglamento está fundamentado en los artículos 1o., 110 al 159, 171 al 175, 182 al 194 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al

Ambiente; 10. fracciones V, VI, VII; 30., 50., 80., 90., 16, 41, 48, 51, 134, 152, 153, 164, 166, 590 y demás relativos de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 10., 30., 40., 50., 13, 14, 17 y 20, 119 y 181 de la Ley General de Salud; 37, 38 y 39 de la Ley de Planeación. Así también intervienen la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

En realidad los accidentes con amoníaco o cualquier otro material tóxico provienen no solamente de las operaciones industriales, sino también de las actividades de transportación y el Reglamento citado, tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos que implican un riesgo en su manejo.

En el Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de marzo de 1993, anexo al final de éste trabajo, se establece en su Título IV las condiciones de seguridad de las unidades para el transporte de materiales peligrosos. A continuación se mencionan los Capítulos I y II del Título IV, que son de fundamental importancia, ya que establecen las condiciones a cumplir en la seguridad del transporte y que constituyen métodos de control para remediar fugas de materiales de alto riesgo, como es el amoníaco.

## TITULO IV

### DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

#### CAPITULO I

##### DE LAS INSPECCIONES DE LAS UNIDADES

ARTICULO 41. Las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas y de operación que realice la Secretaría o unidades de verificación, aprobadas por ésta, para constatar que cumplan con las especificaciones y disposiciones de seguridad establecidas en el presente Reglamento, sin menoscabo de las atribuciones de otras dependencias.

ARTICULO 42. Durante las inspecciones técnicas se verificarán las condiciones en que se encuentran los materiales de fabricación, elementos estructurales, componentes y accesorios, verificándose que brinden la seguridad adecuada. Estas inspecciones deberán realizarse en los periodos establecidos que para el efecto fije la Secretaría y serán independientes a las que corresponda realizar a las demás dependencias competentes.

ARTICULO 43. Durante las inspecciones en operación se supervisarán las condiciones mecánicas y de mantenimiento de las unidades, las cuales se realizarán cuando la Secretaría lo considere pertinente de conformidad con la norma que se expida.

Cuando no se pueda llevar a cabo la inspección, por las

características propias del material o residuo, en otro lugar que no sea su origen, la empresa transportista llevará la unidad a su destino final, en donde podrá descargar y se procederá a la inspección correspondiente.

ARTICULO 44. En caso del autotransporte, el costo de ambas inspecciones deberá ser cubierto por el transportista.

Cuando el equipo de arrastre o ferroviario sea proporcionado por el usuario, se deberá presentar el dictamen de verificación, expedido por las unidades de verificación de las empresas aprobadas por la Secretaría, en el que se avalen las condiciones físicas y mecánicas de operación del equipo, cuya existencia comprobará la empresa ferroviaria.

ARTICULO 45. Los transportistas están obligados a proporcionar y a llevar un control del mantenimiento preventivo y correctivo a sus unidades; así como un registro de los materiales y residuos peligrosos transportados. La Secretaría podrá requerir los controles y registros, a fin de verificarlos en cualquier momento.

## CAPITULO II

### DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARGA

ARTICULO 46. Las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos deberán estar en óptimas condiciones de operación, físicas y mecánicas, verificando el transportista que la unidad reúna tales condiciones antes de proceder a cargar los materiales

y residuos peligrosos.

ARTICULO 47. Para que el transporte del material o residuo peligroso sea seguro, éste deberá ser cargado, distribuido y sujeto en las unidades de autotransporte y arrastre ferroviario de acuerdo a las normas expedidas por la Secretaría, de tal manera que no se ocasione ningún daño por efectos de la vibración originada durante su tránsito, debiendo además proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que genere una reacción del mismo.

Los embarques que no estén debidamente acondicionados para su transportación o que no sean cargados conforme a lo previsto en las normas correspondientes, no deberán ser aceptados por los transportistas para su traslado.

Para el almacenamiento y la transportación de materiales y residuos peligrosos en sus distintos grupos de riesgo, se considerará la compatibilidad que tengan, de conformidad con las normas correspondientes.

ARTICULO 48. Las condiciones para el transporte de los materiales peligrosos en cantidades limitadas se establecerán en la norma correspondiente en función de la clase y división a la que pertenezcan y de la cantidad a transportar.

ARTICULO 49. Las unidades cargadas con materiales y residuos peligrosos de diversas clases, deberán llevar la Información de Emergencia en Transportación de cada uno de los materiales, que

indiquen las acciones a seguir para cada uno de ellos, así como el registro de su ubicación en la unidad, el cual deberá ser señalado en la propia hoja de embarque. En el caso de transporte de materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas se estará a lo dispuesto en el artículo que precede.

Por todo lo anterior, es fundamental considerar no solamente el impacto como afectación a la comunidad, sino también las afectaciones al medio ambiente, que están bien reguladas por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Acuerdos y Reglamentos en materia de protección ambiental.

Así, cuando en alguna planta de proceso haya necesidad de efectuar algún desfogue de amoníaco, para evitar hacer la descarga directa a la atmósfera, el amoníaco se enviará a un tanque neutralizador, (tanque Knock-Out Drum), donde el amoníaco recibido se puede recuperar o neutralizar.

Además, las plantas de proceso deberán contar con un sistema completo de Red de Contra Incendio. Con el agua contra incendio se puede "bajar" la nube tóxica de amoníaco formada, logrando así diluir y eliminar la presencia de amoníaco en el aire, lo cual se logra, gracias a la gran solubilidad del amoníaco en el agua.

A continuación se describen algunas Recomendaciones Básicas de Mantenimiento Preventivo para los sistemas de refrigeración que manejan amoníaco como refrigerante.

1. Mantener registros permanentes de Presión y otros datos

pertinentes.

a) PRESION

- (1) Presión del Condensador.
- (2) Presión de succión (sistemas de alta y baja presión).
- (3) Presión de aceite en el compresor especificando presión del manómetro o presión diferencial.
- (4) Presión de la bomba de líquido en sistemas de recirculación

b) TEMPERATURA

- (1) Temperatura del agua de la chaqueta del compresor (entrada y salida).
- (2) Temperatura de líquido en el receptor.
- (3) Temperatura de aceite.
- (4) Temperatura del agua de entrada y salida de los condensadores.
- (5) Temperatura del agua del recolector de condensador evaporativo.
- (6) Temperatura de la succión y descarga del compresor.
- (7) Temperatura del líquido recirculado.
- (8) Temperaturas de las cámaras frigoríficas.
- (9) Temperaturas externas (bulbo seco y bulbo húmedo).

c) OTROS

- (1) Horas de operación de cada compresor.
- (2) Nivel de aceite de cada compresor.
- (3) Cualquier refrigerante, aceite y otros aditivos puestos al

sistema.

(4) Todas las reparaciones, cambios o ajustes. Esto se aplica para trabajos realizados de rutina o programados así como para aquellos realizados por emergencias o sin programa.

d) Analizar todos estos registros cada día, cuando difieran de los límites de diseño o establecidos, determinar las causas y efectuar las correcciones inmediatamente.

## 2. VALVULAS

A. Se deben tomar precauciones para evitar daños debidos a expansión de líquidos cuando se aisle la sección de una línea por válvulas de cierre positivo.

B. Maneje despacio el vástago antes de operar una válvula.

C. Asegurese de que el vástago esté limpio y aceitado antes de cerrar una válvula.

D. Observe las válvulas. Fije el maneral o volante para que no se suelte.

E. Cambiar los asientos de las válvulas según se necesiten.

3. Cada control de seguridad y cada válvula de alivio deberá ser probada una vez al año de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

4. Cualquier tubería o aislamiento que muestre oxidación o descomposición deberá ser pintado o limpiado. Cambiar el aislamiento cuando se necesite.

5. Mantener la tensión correcta de las bandas.

Verificar acopladores y espaciadores en equipos de transmisión directa.

6. Usar los lubricantes recomendados por los fabricantes de los equipos.

7. Purgar el aceite de los evaporadores y condensadores por lo menos semanalmente; preferentemente a un regenerador. También puede hacerlo a un recipiente abierto fuera de la planta y lejos de las personas. Ventee los recibidores y/o condensadores a un eliminador de gases no condensables manual o automático.

8. Descongele antes de excesiva acumulación y no remueva la escarcha golpeándola con alguna herramienta. Verifique la línea de descarga.

9. Se debe mantener en el receptor un sello de refrigerante líquido.

10. Limpiar semanalmente las charolas de los condensadores.

11. Mantener el tratamiento de aguas funcionando como se le recomienda. Deberá reponerse el agua que se evapora en los condensadores en la misma cantidad.

12. Mantener el nivel de aceite del compresor y no llenarlo por encima de lo recomendado por el fabricante.

13. Todos los cubrebandas deberán estar en su lugar después de un servicio y antes de iniciar operaciones.

14. Es deseable que la tubería esté codificada con color. Identificar controles importantes y colocar indicadores en las

válvulas para mostrar si están abiertas o cerradas. Esta codificación deberá hacerse de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS-1993 (Anexo No. 7), relativa la Seguridad Código de Colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

15. Nunca cierre válvulas que operan controles de seguridad por presión, líquido o temperatura o desconecte circuitos controlados eléctricamente. Repare o reemplace los controles inmediatamente.

16. Siempre que reemplace tuberías utilizar el material adecuado para el manejo amoniaco.

17. Mantener todo el equipo y el cuarto de máquinas limpio y utilizar recipientes a prueba de fuego para los trapos con aceite

18. Preparar visitas del departamento local de bomberos y coordinar con ellos procedimientos de emergencia.

Algunas otras prácticas de seguridad son:

1. Asegurarse que existe una ventilación adecuada y que el equipo funciona correctamente.

2. Disponer de luz de emergencia, salidas de emergencia, máscaras de gas y repuestos de cartuchos de máscaras. Los botes y cartuchos purificadores de aire y en general el equipo de protección respiratoria debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-029-STPS y NOM-030-STPS-1993, relativas a la Seguridad y equipo de protección respiratoria. Estas Normas se presentan en la parte final, en el Anexo No. 8.

3. Disponer de cuerda larga para sujetar a una persona que entre a

un cuarto donde existan grandes cantidades de refrigerante, que sirva también como guía para su escape y para localizar alguna persona en un cuarto. Nunca se debe ingresar a un cuarto que contiene altas concentraciones de refrigerante sin acompañarse de otra persona. Establecer procedimientos de entrada a espacios confinados.

4. Evitar apoyarse sobre la tubería. Elimine inmediatamente cualquier vibración excesiva de la tubería.

5. Mantenga protecciones sobre transmisiones con bandas o directas.

6. Mantenga la tubería de la válvula de alivio, conectada a un difusor en el exterior.

7. Nunca cierre la válvula de un recipiente lleno de refrigerante líquido a menos que éste cuente con una válvula de alivio adecuada. Nunca exponga cilindros o recipientes de refrigerantes en general a calor excesivo.

8. Las bombas de refrigerante líquido sean centrifugas o de desplazamiento positivo deberán contar con válvulas de alivio adecuadas para protegerlas contra presión excesiva.

9. Desarrollar un Plan de Emergencia y realizar simulacros y entrenamientos al personal sobre este Plan. Es necesario saber localizar correctamente la válvula de cierre principal en el líquido, el interruptor del compresor y tomas de agua.

10. Asegurarse que los extintores de polvo se encuentren en buenas

condiciones y que existe un número suficiente en los lugares adecuados.

11. Siempre utilice mascarillas contra gases cuando realice reparaciones en un área donde pueda ocurrir fuga.

Finalmente, para concluir este trabajo, se ha considerado de vital importancia incluir una breve descripción de los Primeros Auxilios que se tienen que prestar al personal afectado por exposición al amoníaco. Los primeros auxilios serán atenciones temporales antes de prestar atención médica completa.

Los Primeros Auxilios son fundamentalmente los que se han escrito en la Hoja de Datos de Seguridad del capítulo 3, aquí se recuerda las siguientes recomendaciones básicas:

Cuando se presenten accidentes por INHALACION.

- 1) Conduzca a la persona afectada al aire fresco.
- 2) Llame al Médico inmediatamente.
- 3) Quite la ropa si ha sido salpicada con líquido o vapor concentrado.
- 4) Mantenga al paciente quieto y cubierto.
- 5) Si está consciente y no tiene quemada la boca, dar a beber té o café caliente.
- 6) Si la respiración falla, aplique respiración artificial.
- 7) Se podrá administrar oxígeno, sólo si lo recomienda el médico.

Cuando ocurran accidentes por SALPICADURAS LIQUIDAS O VAPOR CONCENTRADO EN OJOS:

1) Irrigue inmediatamente los ojos con agua y/o la solución de borax y ácido bórico por lo menos por 30 minutos.

2) Llame al médico.

En el caso de QUEMADURAS DE PIEL POR SALPICADURA O VAPOR CONCENTRADO:

1) Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua y continúe por lo menos por 15 minutos quitando toda la ropa mientras se lava.

2) Llamar al médico.

3) Después de lavar, aplique compresas húmedas con la solución de borax y ácido bórico a las partes afectadas hasta que exista atención médica.

Si por alguna razón se presentara un accidente en el que se haya ingerido amoníaco en solución, se tendrá que llamar al médico inmediatamente; mientras tanto, se hará que el paciente beba solución diluida de vinagre; nunca se le deberá inducir al vómito, ya que ésto agravaría su estado de salud, pues el amoníaco corroe las vías intestinales debido a su propiedades básicas.

En cada unidad de proceso donde haya riesgo de exposición, deberá existir:

\* Fuentes de lavaojos, así como regaderas suficientes y bien distribuidas.

\* Se deberá también mantener lista una Botella de Irrigación conteniendo una solución de 2.5% de Borax y Acido Bórico

respectivamente en agua destilada.

\* Tener siempre preparada una solución diluida de vinagre, de 1 a 2% es satisfactoria.

\* Es preferible que en las plantas de proceso donde se maneje amoniaco se cuente con un Servicio Médico durante las 24 horas.

El estudio toxicológico del amoniaco indica que es fundamental conocer los procesos de operación, pues algún accidente en cualquier sección del proceso permitirá conocer anticipadamente el estado físico en que se escapará el amoniaco, lo cual sirve para establecer procedimientos de emergencia y de atención inmediata a personas afectadas.

En la ocurrencia de un accidente de fuga masiva, toda la planta resultará afectada y se deberán establecer Planes de Emergencia y Programas de Prevención de Accidentes en los que la industria participe con las instituciones de Protección Civil, autoridades municipales y la población en general, con el fin de reducir al máximo el impacto a la comunidad local y al medio ambiente en general. Actualmente se sugiere implementar un Programa de Prevención de Accidentes mayores, en el que se involucre la Dirección de la empresa, los vecinos industriales, las autoridades locales y la comunidad misma, de manera que se pueda implementar un Comité Local de Ayuda Mutua, con lo cual se logra una mayor organización para prevenir accidentes y atender emergencias en la industria.

## CONCLUSIONES

Las operaciones industriales generarán inevitablemente riesgos potenciales, con cierta probabilidad de ocurrencia.

Las causas de los accidentes catastróficos son múltiples, pero analizar sus orígenes y establecer los métodos de control y remediación es el objetivo de la Seguridad Industrial.

Las actividades industriales en que se maneja amoníaco en cantidades iguales o mayores a los 10 kilogramos, se consideran actividades altamente riesgosas y por tanto, es justificable la implementación de los Programas de Prevención de Accidentes. La magnitud de las afectaciones a la comunidad por accidentes de fugas de amoníaco es enorme, y por tanto, constituye un Riesgo Mayor realizar operaciones con dicha sustancia, fundamentalmente por los daños que causa a la salud de las personas.

Dentro de los procesos productivos, la seguridad industrial, como la calidad total, debe formar parte de la Política de Administración de las empresas, y contar también así con programas dirigidos no sólo al aseguramiento de la cantidad y calidad de los productos, sino también a minimizar los riesgos a las instalaciones, al personal y a la comunidad local.

También se debe considerar que las regulaciones gubernamentales actuales constituyen un medio de contribución importante que asegura el funcionamiento de cada instalación industrial, de acuerdo a los procedimientos exigidos. Al mismo tiempo el control de la contaminación ambiental es una necesidad real, cuyo carácter es hoy en día un compromiso moral y legal. Las diversas disposiciones gubernamentales se han incrementado con el fin de hacer frente a este compromiso.

La operación de plantas existentes o en proyecto, deben cumplir con la normatividad vigente en materia ecológica y de seguridad industrial.

En la terminología actual de la Seguridad Industrial y propiamente hablando, de la Administración de Riesgos, existe un concepto fundamental, denominado Control de Riesgos Mayores, que se aplica precisamente a la mitigación de accidentes catastróficos, como pueden ser las fugas masivas e instantáneas de materiales tóxicos. El Control de Riesgos Mayores toma en cuenta las evaluaciones económicas por accidentes industriales, aplicando los Estudios de Costo Beneficio y las técnicas de Ingeniería Económica que ayudarán a decidir si operar una planta industrial en ciertas condiciones de seguridad es aceptable o no lo es.

Por lo anterior, la Prevención de Accidentes Mayores necesita no sólo establecer los Programas de Seguridad Industrial que involucran el mantenimiento preventivo y predictivo de equipos, o de Prevención de contaminación con el Análisis de las operaciones y de Seguridad en procesos, sino también considerar en forma permanente las Auditorías de Seguridad internas y externas, evaluando al mismo tiempo la capacitación al personal de operación que interviene directamente en la producción.

De tal manera tiene que ser la seguridad de las operaciones en plantas de proceso donde se maneja amoníaco, que solamente con un alto sentido de responsabilidad y concientización por parte del personal de la empresa, incluyendo a los administradores de la misma, es como será posible evitar accidentes de gran magnitud, cuyos costos materiales y personales generan un efecto nocivo para las empresas y para la nación.

## **ANEXO No. 1**

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES****REGLAMENTO para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Presidencia de la República.

**CARLOS SALINAS DE GORTARI**, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confiere la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 1º, 110 al 159, 171 al 175, 182 al 194 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1º fracciones V, VI, VII, 3º, 5º, 8º, 9º, 16, 41, 48, 51, 134, 152, 153, 164, 166, 590 y demás relativos de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 1º, 3º, 4º, 5º, 13, 14, 17 Y 20, 119 y 181 de la Ley General de Salud, 37, 38 y 39 de la Ley de Planeación; 1º, 2º, 4º, 6º, 37, 40, 41, 60, 61, 62, 63 y 64 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos; 1º, 2º, 3º, 4º, 29 y 30 de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y 27, 29, 32, 33, 34, 36 y 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, he tenido a bien emitir el siguiente

**REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**  
**TITULO PRIMERO**  
**DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTICULO 1º.-** El presente ordenamiento tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

No es materia de este Reglamento, el transporte terrestre de materiales peligrosos realizado por las fuerzas armadas mexicanas, el cual se regula por las disposiciones normativas aplicables.

**ARTICULO 2º.-** Para los efectos de este Reglamento se entenderá por:

**AUTOTRANSPORTISTA** Persona física o moral debidamente autorizada por la Secretaría para prestar servicio público o privado de autotransporte de carga.

**CONSTRUCTOR O**

**RECONSTRUCTOR DE**

**UNIDADES.**

Persona física o moral que diseña, construye, reconstruye o repara unidades destinadas para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

**DESTINATARIO.**

Persona física o moral receptora de materiales y residuos peligrosos.

**EMPRESA**

**FERROVIARIA**

Empresa u organismo autorizados por el Gobierno Federal para operar el transporte por tren y prestar servicios auxiliares.

**EXPEDIDOR**

Persona física o moral que a nombre propio o de un tercero, contrata el servicio de transporte de materiales o residuos peligrosos.

**ENVASE INTERIOR**

Todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto directo con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.

**ENVASE EXTERIOR**

Se entiende aquél que contiene al envase primario y que le sirve de protección.

**MATERIAL PELIGROSO**

Aquelas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades.

**NORMAS**

Normas oficiales mexicanas que existen las dependencias competentes, sujetándose a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**PURGAR**

Acción de evacuar o eliminar un fluido de cualquier depósito utilizado para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

**RESIDUO PELIGROSO**

Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

**SECRETARIA**

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

<b>SUBSTANCIA PELIGROSA</b>	Todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros, también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades
<b>REMANENTE</b>	Substancias, materiales o residuos peligrosos que persisten en los contenedores, envases o embalajes después de su vaciado o desembalaje.
<b>TRANSPORTISTA</b>	Autotransportista y empresa ferroviaria
<b>TREN</b>	Una máquina o más de una máquina que transitan por el ferrocarril, con o sin carros acoplados, exhibiendo indicadores
<b>UNIDAD</b>	Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, compuesto por unidades motrices y de arrastre
<b>UNIDAD DE ARRASTRE</b>	Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo de motor.
<b>VENTEAR</b>	Acción de liberar los gases y vapores acumulados en un recipiente, tanque o contenedor cerrado.

Los términos que no estén contenidos en el presente artículo y que la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría, o las dependencias correspondientes apliquen, se entenderán definidos en los términos que señalen las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y, en su caso, las definiciones derivadas de instrumentos internacionales ratificados por el Gobierno Mexicano.

**ARTICULO 3º.-** Sin perjuicio de la competencia de otras dependencias del Ejecutivo Federal corresponde a la Secretaría la aplicación de este Reglamento en vías generales de comunicación terrestre y sus servicios auxiliares y conexos

**ARTICULO 4º.-** La Secretaría podrá celebrar acuerdos para la aplicación de este Reglamento, con los gobiernos de las entidades federativas y con los municipios en los términos de la Ley de Planeación.

**ARTICULO 5º.-** Para transportar materiales y residuos peligrosos por las vías generales de comunicación terrestre es necesario que la Secretaría así lo establezca en el permiso otorgado a los transportistas, sin perjuicio de las autorizaciones que otorguen otras dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. Las condiciones de operación se sujetarán a las disposiciones establecidas en este Reglamento.

**ARTICULO 6º.-** Queda prohibido transportar en unidades que hayan sido autorizadas para transportar materiales y residuos peligrosos

- I.- Personas o animales;
- II.- Productos alimenticios de consumo humano o animal, o artículos de uso personal; y
- III.- Residuos sólidos municipales.

Cuando por razones económicas el transportista tenga necesidad de transportar otro tipo de bienes en estas unidades, diferentes a los materiales o residuos peligrosos, se ajustará a la norma que al efecto se expida.

#### CAPITULO I CLASIFICACION DE LAS SUBSTANCIAS PELIGROSAS

**ARTICULO 7º.-** Considerando sus características, las sustancias peligrosas se clasifican en:

CLASE	DENOMINACION
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.

CLASE	DENOMINACION
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
7	Radioactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

ARTICULO 8º.- Los explosivos o Clase 1 comprende:

- I. **SUBSTANCIAS EXPLOSIVAS:** Son sustancias o mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores.
- II. **SUBSTANCIAS PIROTECNICAS** Son sustancias o mezcla de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.
- III. **OBJETOS EXPLOSIVOS:** Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas. Dependiendo el tipo de riesgo la clase 1 comprende 6 divisiones que son:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
1.1	Substancias y objetos que representan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, es decir que la explosión se extiende de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga.

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
1.2	Substancias y objetos que representan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de la totalidad de la masa.
1.3	Substancias y objetos que representan un riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva, de proyección o ambos, pero no riesgo de explosión de la totalidad de la masa. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos siguientes: a) Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable b) Aquellos que arden sucesivamente con pequeños efectos de onda expansiva, de proyección, o ambos.
1.4	Substancias y objetos que no representan un riesgo considerable.
1.5	Substancias muy poco sensibles que presentan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, pero que es muy improbable su iniciación o transición de incendio o detonación bajo condiciones normales de transporte
1.6	Objetos extremadamente insensibles que no presentan un riesgo de explosión a toda la masa, que contienen sólo sustancias extremadamente insensibles a la detonación y muestran una probabilidad muy escasa de iniciación y propagación accidental.

ARTICULO 9º.- La Clase 2 que comprende gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, son sustancias que

- I.- A 50 °C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa
- II.- Son completamente gaseosas a 20 °C a una presión normal de 101.3 kPa

Para las condiciones de transporte las sustancias de Clase 2 se clasifican de acuerdo a su estado físico como:

- Gas comprimido, aquél que bajo presión es totalmente gaseoso a 20 °C
- Gas licuado, el que es parcialmente líquido a 20 °C

**Gas licuado refrigerado** el que es parcialmente líquido a causa de su baja temperatura

**Gas en solución**, aquel que está comprimido y disuelto en un solvente.

Atendiendo al tipo de riesgo la Clase 2 se divide en

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUSTANCIAS
2.1	Gases inflamables. Sustancias que a 20 °C y una presión normal de 101.3 kPa. Arden cuando se encuentran en una mezcla de 13% o menos por volumen de aire o tienen un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
2.2	Gases no inflamables, no tóxicos: Gases que son transportados a una presión no menor de 280 kPa a 20 °C, o como líquido refrigerados y que: a) Son asfixiantes. Gases que diluyen o reemplazan al oxígeno presente normalmente en la atmósfera, o b) Son oxidantes. Gases que pueden, generalmente por ceder oxígeno, causar o contribuir, más que el aire, a la combustión de otro material. c) No caben en los anteriores
2.3	Gases tóxicos. Gases que a) Se conoce que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos por lo que constituyen un riesgo para la salud; o b) Se supone que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos porque tienen un CL igual o menor que $5000 \text{ Mol/M}^3$ (ppm) Nota. Los gases que cumplen los criterios anteriores debido a su corrosividad, deben clasificarse como tóxicos con un riesgo secundario corrosivo.

**ARTICULO 10.-** Clase 3 o líquidos inflamables. Son mezclas o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5 °C en los ensayos en copa cerrada o no superiores a 65.6 °C en copa abierta. Las sustancias de esta clase son:

Líquidos que presentan un punto de ebullición inicial igual o menor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) menor de 23°C y un punto inicial de ebullición mayor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) mayor o igual 23°C, menor o igual de 60.5°C y un punto inicial de ebullición mayor a 35 °C

**ARTICULO 11.-** Clase 4, sólidos inflamables, son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Atendiendo al tipo de riesgo se dividen en.

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUSTANCIAS
4.1	Sólidos inflamables. Sustancias sólidas que no están comprendidas entre las clasificadas como explosivas pero que, en virtud de las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por fricción.
4.2	Sustancias que presentan un riesgo de combustión espontánea. Sustancias que pueden calentarse espontánea mente en las condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire y que entonces puedan inflamarse.
4.3	Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. Sustancias que por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprenden gases inflamables en cantidades peligrosas

**ARTICULO 12.-** Clase 5, oxidantes y peróxidos orgánicos, son sustancias que se definen y dividen tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
5.1	Substancias oxidantes Substancias que sin ser necesariamente combustibles, pueden, generalmente liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras.
5.2	Peróxidos orgánicos: Substancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno, o ambos, han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, pueden tener una o varias de las propiedades siguientes: a) Ser susceptibles de una descomposición explosiva; b) Arder rápidamente; c) Ser sensibles a los impactos o a la fricción; d) Reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras sustancias; e) Causar daños a la vista

**ARTICULO 13.-** Clase 6, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, son sustancias que se definen y dividen, tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
6.1	Tóxicos agudos (venenos). Son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel. Los gases tóxicos (venenos) comprimidos pueden incluirse en la clase "Gases".
6.2	Agentes infecciosos. Son las que contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante, que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.

**ARTICULO 14.-** Clase 7, radioactivos, para los efectos de transporte, son todos los materiales cuya actividad específica es superior:  $70 \text{ kBq/kg}$  ( $2 \text{ nCi/g}$ ).

**ARTICULO 15.-** Clase 8 corrosivos, son sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entra en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.

**ARTICULO 16.-** Clase 9 venenos, son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros.

En la norma respectiva se contendrán las listas de dichas sustancias.

**ARTICULO 17.-** La identificación de las sustancias peligrosas se deberá ajustar a la norma que contenga las listas de las sustancias y residuos peligrosos más usualmente transportadas de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, así como las disposiciones especiales a que deberá sujetarse el traslado y el método de envase y embalaje.

**TITULO SEGUNDO  
DEL ENVASE Y EMBALAJE  
CAPITULO I  
CARACTERISTICAS**

**ARTICULO 18.-** Las disposiciones contenidas en el presente Capítulo, son aplicables a los envases y embalajes nuevos y reutilizables empleados para el transporte de sustancias o residuos, a excepción de:

I. Envases y embalajes que contengan sustancias de la Clase 7, radiactivos o sus residuos, los cuales se sujetarán a las normas que expida la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

II. Envases y embalajes que se usen para el transporte de gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, Clase 2, los cuales se regirán por la norma respectiva; y

III. Envases y embalajes cuya masa neta exceda de 400 kg o cuya capacidad exceda de 450 litros, los cuales se deberán acoger a las normas correspondientes para recipientes intermedios a granel.

ARTICULO 19.- El envase y embalaje de sustancias y residuos peligrosos deberá cumplir con la clasificación, tipos y disposiciones de las normas correspondientes

ARTICULO 20.- Los envases y embalajes que contengan sustancias peligrosas de todas las clases o sus remanentes, excepto las clases 1, 2 y las divisiones 5.2 y 6.2, se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo I.- Para sustancias muy peligrosas.

Grupo II.- Para sustancias medianamente peligrosas.

Grupo III.- Para sustancias poco peligrosas.

La asignación de las sustancias peligrosas a cada uno de los grupos señalados, se indicará en la norma respectiva.

ARTICULO 21.- El envase y embalaje, antes de ser llenado y entregado para su transporte, deberá ser inspeccionado por el expedidor de la sustancia o residuo peligroso para cerciorarse de que no presenta corrosión, presencia de materiales extraños u otro tipo de deterioro.

ARTICULO 22.- Los envases y embalajes deberán estar cerrados para que una vez preparados para su expedición, no sufran en condiciones normales de transporte, algún escape debido a cambios de temperatura, humedad o presión.

ARTICULO 23.- Queda prohibido adicionar al exterior de los envases y embalajes, alguna sustancia incompatible con la que se encuentre contenida en el interior de éste y que sea susceptible de crear o aumentar un riesgo.

ARTICULO 24.- Las partes de los envases y embalajes que estén en contacto directo con la sustancia o residuo peligroso no deberán ser afectadas por ninguna acción química o de otra naturaleza.

ARTICULO 25.- Los envases y embalajes interiores deberán estar colocados en un envase y embalaje exterior, a fin de que en condiciones normales de transporte, no puedan romperse, perforarse ni dejar escapar su contenido al envase o embalaje exterior.

ARTICULO 26.- Los envases y embalajes interiores que contengan sustancias o residuos peligrosos diferentes que puedan reaccionar entre sí, no deberán colocarse en el mismo envase y embalaje exterior.

ARTICULO 27.- Las sustancias y residuos peligrosos sólo deberán contenerse en envases y embalajes que tengan la resistencia suficiente para soportar la presión interna que pudiera desarrollarse en condiciones normales de transporte y circunstancias especiales, de acuerdo a la norma que al efecto se expida.

ARTICULO 28.- Todo envase y embalaje vacío que haya contenido una sustancia o residuo peligroso o sus remanentes debe ser considerado también como peligroso.

ARTICULO 29.- Las especificaciones y características de construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba, de los envases y embalajes, se establecerán en las normas correspondientes. Todo envase y embalaje que presente indicios de haber sufrido cambio en su estructura, en comparación con lo especificado en las normas respectivas, no deberá utilizarse o en su caso, deberá ser reacondicionado, de forma que pueda superar las pruebas aplicables al envase y embalaje de que se trate.

ARTICULO 30.- Las especificaciones adicionales para los envases y embalajes destinados al transporte de la Clase 1, explosivos, y las divisiones 5.2, peróxidos orgánicos, y 6.2 agentes infecciosos, se establecerá de acuerdo a la norma respectiva y a la clasificación a que se refiere el artículo 20.

#### CAPITULO II

#### DEL ETIQUETADO Y MARCADO DEL ENVASE Y EMBALAJE

ARTICULO 31.- Con objeto de identificar a distancia las sustancias o residuos peligrosos y reconocer su riesgo, así como la designación oficial para su transporte, cada envase y embalaje deberá contar con la etiqueta o etiquetas correspondientes, cuyas características estarán señaladas en las normas respectivas.

ARTICULO 32.- Todo envase y embalaje destinado a transportar sustancias o residuos peligrosos deberá llevar marcas indelebles, visibles y legibles que certifiquen que están fabricados conforme a las normas respectivas.

**TITULO TERCERO**  
**- DE LAS CARACTERISTICAS, ESPECIFICACIONES Y EQUIPAMIENTO DE LOS VEHICULOS**  
**MOTRICES Y UNIDADES DE ARRASTRE A UTILIZAR.**

**CAPITULO I**

**DE LAS CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES**

**ARTICULO 33.-** Toda unidad motriz que sea utilizada para el traslado de materiales y residuos peligrosos deberá cumplir con las especificaciones adicionales establecidas en las normas correspondientes

**ARTICULO 34.-** Los autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna deberán construirse o reconstruirse de conformidad con las normas respectivas, las que establecerán los elementos estructurales, componentes y revestimientos que se deban utilizar, los que deberán ser compatibles con las substancias o residuos peligrosos a transportar, y con características tales que no alteren o modifiquen sus propiedades. Las unidades mencionadas deberán contar con aditamentos de emergencia y dispositivos de protección, a fin de ofrecer la máxima seguridad, de conformidad con la norma respectiva

**ARTICULO 35.-** La construcción, reconstrucción y reparación de autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, deberán sujetarse al proceso de certificación y verificación de conformidad con las normas.

**ARTICULO 36.-** El constructor deberá conservar por el tiempo que determine la Secretaría y en su caso proporcionar a ésta o a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el informe relativo a las pruebas a que hayan sido sometidos los autotanques, carros tanque, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, en el que se indiquen los resultados obtenidos, así como los materiales y residuos peligrosos para cuyo transporte ha sido aprobada la unidad

**CAPITULO II**

**DE LA IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES**

**ARTICULO 37.-** Para su identificación, los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, tendrán una placa de metal inoxidable permanentemente fija en un lugar de fácil acceso para la inspección, y en el formato que determinen las normas correspondientes

**ARTICULO 38.-** Los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel deberán tener cuatro carteles que identifiquen el material y residuo peligroso que se transporta de acuerdo a lo establecido por las normas que para el efecto se expidan

**ARTICULO 39.-** Las unidades de arrastre que transporten o contengan remanentes de substancias o residuos peligrosos, deberán portar los carteles correspondientes y ser manejadas con los mismos requisitos de seguridad establecidos para las unidades cargadas. Cuando se trasladan remanentes de dos o más substancias o residuos peligrosos, en el cartel sólo se citará a dos de los que tengan mayor grado de peligrosidad en relación a los otros y el símbolo utilizado en el cartel deberá ser el de mayor peligrosidad, seguido por el riesgo secundario

**ARTICULO 40.-** Las claves para identificar el tipo de recipiente intermedio para granel así como los materiales del mismo se especificarán en la norma respectiva

**TITULO CUARTO**

**DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD**

**CAPITULO I**

**DE LA INSPECCION DE LAS UNIDADES**

**ARTICULO 41.-** Las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas y de operación que realice la Secretaría o unidades de verificación, aprobadas por ésta, para constatar que cumplan con las especificaciones y disposiciones de seguridad establecidas en el presente Reglamento, sin menoscabo de las atribuciones de otras dependencias

**ARTICULO 42.-** Durante las inspecciones técnicas se verificarán las condiciones en que se encuentran los materiales de fabricación, elementos estructurales componentes y accesorios verificándose que brinden la seguridad adecuada. Estas inspecciones deberán realizarse en los periodos establecidos que para el efecto fije la Secretaría y serán independientes a las que correspondan realizar a las demás dependencias competentes

**ARTICULO 43.-** Durante las inspecciones en operación se supervisarán las condiciones mecánicas y de mantenimiento de las unidades, las cuales se realizarán cuando la Secretaría lo considere pertinente de conformidad con la norma que se expida

Cuando no se pueda llevar a cabo la inspección por las características propias del material residuo, en otro lugar que no sea su origen, la empresa transportista llevará la unidad a su destino final en donde podrá descargarse y se procederá a la inspección correspondiente

**ARTICULO 44.-** En caso del autotransporte el costo de ambas inspecciones deberá ser cubierto por el transportista

Cuando el equipo de arrastre ferroviario sea proporcionado por el usuario, se deberá presentar el plan de verificación, expedido por las unidades de verificación de las empresas aprobadas por la Secretaría, en el que se avale las condiciones físicas y mecánicas de operación del equipo, cuya existencia comprobara la empresa ferroviaria.

**ARTICULO 45.-** Los transportistas están obligados a proporcionar y a llevar un control del mantenimiento preventivo y correctivo a sus unidades, así como un registro de los materiales y residuos peligrosos transportados.

La Secretaría podrá requerir los mencionados controles y registros a fin de verificarlos en cualquier momento.

#### CAPITULO II DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARGA

**ARTICULO 46.-** Las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos deberán estar en óptimas condiciones de operación físicas y mecánicas, verificando el transportista que la unidad reúna tales condiciones antes de proceder a cargar los materiales y residuos peligrosos.

**ARTICULO 47.-** Para que el transporte del material o residuo peligroso sea seguro, éste deberá ser cargado, distribuido y sujeto en las unidades de autotransporte y arrastre ferroviario de acuerdo a las normas expedidas por la Secretaría, de tal manera que no se ocasionen ningún daño por efectos de la vibración originada durante su tránsito, debiendo, además, proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que genere una reacción del mismo.

Los embarques que no estén debidamente acondicionados para su transportación o que no sean cargados conforme a lo previsto en las normas correspondientes, no deberán ser aceptados por los transportistas para su traslado.

Para el almacenamiento y la transportación de materiales y residuos peligrosos en sus distintos grupos de riesgo, se considerará la compatibilidad que tengan, de conformidad con las normas correspondientes.

**ARTICULO 48.-** Las condiciones para el transporte de los materiales peligrosos en cantidades limitadas se establecerán en la norma correspondiente en función de la clase y división a la que pertenezcan y de la cantidad a transportar.

**ARTICULO 49.-** Las unidades cargadas con materiales y residuos peligrosos de diversas clases, deberán llevar la información de emergencia en transportación de cada uno de los materiales, los que serán indicados las acciones a seguir para cada uno de ellos, así como el registro de su ubicación en la unidad el cual deberá ser señalado en la propia hoja de embarque. En el caso de transporte de materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas se estará a lo dispuesto en el artículo que precede.

#### CAPITULO III DE LA DOCUMENTACION

**ARTICULO 50.-** Para el transporte de materiales y residuos peligrosos el transportista y el expedidor de la carga, deberán tener las autorizaciones correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la Secretaría y demás dependencias del Ejecutivo Federal de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

**ARTICULO 51.-** El fabricante de sustancias o generador de residuos peligrosos deberá proporcionar la descripción e información complementaria del producto que se transporte la que estará a disposición del transportista y las dependencias competentes que la requieran.

**ARTICULO 52.-** En el traslado de materiales y residuos peligrosos será obligatorio que en la unidad de transporte se cuente con los siguientes documentos:

I. Documentos de embarque del material o residuo peligroso,

II. "Información de emergencia en transportación", que indique las acciones a seguir en caso de suscitarse un accidente, de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate, la cual deberá apegarse a la norma que expida la Secretaría y colocarse en un lugar visible de la cabina de la unidad de preferencia en una carpeta-portafolios que contenga los demás documentos;

III. Documento que avale la inspección técnica de la unidad,

IV. Manifiesto de entrega, transporte y recepción, para el caso de transporte de residuos peligrosos, expedido por la Secretaría de Desarrollo Social.

V. Autorización respectiva, para el caso de importación y exportación de materiales peligrosos,

VI. Manifiesto para casos de Derrames de Residuos Peligrosos por Accidente

Cuando por cualquier evento se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de sustancias peligrosas, se deberá dar aviso de inmediato de los hechos a la Secretaría de Desarrollo Social, y presentar a más tardar 72 horas después el manifiesto a que se refiere esta sección; y

VII. Los demás que se establezcan en las normas.

Sera obligatorio además de lo anterior, que en la unidad de autotransporte se cuente con los siguientes documentos:

I. Licencia federal de conducir específica para el transporte de materiales peligrosos

- II. Bitácora de horas de servicio del conductor;
- III. Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad;
- IV. Póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso, y
- V. Documento que acredite la limpieza y control de remanentes de la unidad, cuando ésta se realice. La limpieza sólo será obligatoria por razones de incompatibilidad de los productos a transportar.

**ARTICULO 53.-** Cuando se transporte un embarque de materiales o residuos peligrosos de una sola clase en trenes unitarios, directamente de un punto a otro, la "información de emergencia en transportación" debe acompañarse de la relación completa de las iniciales y números de las unidades que remolcan.

#### CAPITULO IV

### DEL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACION DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

**ARTICULO 54.-** La Secretaría en coordinación con la Secretaría de Gobernación, y demás dependencias competentes, autoridades estatales y municipales, así como fabricantes e industriales que produzcan, generen y utilicen substancias o residuos peligrosos y los transportistas de los mismos, establecerán el Sistema Nacional de Emergencia en transportación de materiales y residuos peligrosos.

**ARTICULO 55.-** El Sistema Nacional de Emergencia tiene por objeto proporcionar información técnica y específica sobre las medidas y acciones que deben adoptarse en caso de algún accidente o incidente, durante el transporte de materiales y residuos peligrosos. El Sistema funcionará las 24 horas del día.

**ARTICULO 56.-** Cuando el Sistema reciba información de alguna emergencia en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se alertará de inmediato a la Policía Federal de Caminos y Puertos, al Gobierno de la entidad federativa y las autoridades municipales donde aquella suceda y en su caso a la Secretaría de Gobernación a fin de poner en marcha los operativos de protección civil existentes para la salvaguarda de la población, sus bienes y entorno.

**ARTICULO 57.-** En caso de accidente tales como fugas, derrames, incendios u otros, el operador de la unidad de autotransporte o tripulación ferroviaria deberán aplicar las medidas de seguridad detalladas en la "información de emergencia en transportación", cuyo diseño y contenido deberá apearse a la norma que al efecto expida la Secretaría.

### TITULO QUINTO DEL TRANSITO EN VIAS DE JURISDICCION FEDERAL CAPITULO I DEL AUTOTRANSPORTE

**ARTICULO 58.-** Ninguna unidad que traslade materiales o residuos peligrosos deberá transportar personas no relacionadas con las operaciones de la unidad.

**ARTICULO 59.-** No deberá abrirse ningún envase y embalaje, recipiente intermedio para granel, contenedor, contenedor cisterna, autotanque o unidad de arrastre entre los puntos de origen y destino excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "información de emergencia en transportación".

**ARTICULO 60.-** Los operadores de vehículos se abstendrán de realizar paradas no justificadas, que no estén contempladas en la operación del servicio, así como circular por áreas centrales de ciudades y poblados. Al efecto utilizarán los libramientos periféricos cuando estos existan.

**ARTICULO 61.-** Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, a excepción de las substancias de la Clase 7 (radiactivos), no podrán circular en convoy.

**ARTICULO 62.-** Se prohíbe purgar al piso o descargar en el camino, calles o en instalaciones no diseñadas para tal efecto, así como ventear innecesariamente cualquier tipo de material o residuo peligroso.

**ARTICULO 63.-** En caso de ocurrir un congestionamiento vehicular o se interrumpa la circulación, el conductor de la unidad deberá solicitar al personal responsable de la vigilancia vial, profundidad para continuar su viaje, mostrándole la documentación que ampara el riesgo sobre el producto que se transporta, a fin de que el mismo adopte las precauciones del caso.

**ARTICULO 64.-** En caso de descompostura mayor de la unidad motriz el operador y la empresa transportista deberán sustituirla a la brevedad por otra que cuente con los requisitos físicos y mecánicos de operación.

Cuando por descompostura de la unidad de arrastre sea necesario el traslado o transporte del material o residuo peligroso este se llevará a cabo de acuerdo con lo que indique el fabricante de la substancia peligrosa o generador de residuos peligrosos. Cuán deberá cuidarse que la maniobra se realice bajo estrictas condiciones de seguridad con personal capacitado y debidamente equipado de conformidad con las características y peligrosidad del material o residuo de que se trate.

**ARTICULO 65.-** Para que una unidad que transporta materiales o residuos peligrosos pueda estacionarse en la vía pública el conductor además de cumplir con las disposiciones de tránsito vigentes, deberá asegurarse que la carga este debidamente protegida de conformidad con las indicaciones de

expedidor, a fin de evitar que personas ajenas a la transportación manipulen indebidamente el equipo o la vía de tal forma que pudieran propiciar accidentes

**ARTICULO 66.-** Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, por ningún motivo podrán estacionarse cerca de fuego abierto o de incendio

**ARTICULO 67.-** Si durante el transporte del material o residuo peligroso se presentan condiciones meteorológicas adversas, que impidan la visibilidad a una distancia aproximada de 50 metros, tales como tormenta eléctrica, lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos fuertes, el conductor del vehículo deberá estacionarlo, absteniéndose de hacerlo en pendientes declives, curvas, puentes, cruces, túneles, cruces de ferrocarril, cerca de instalaciones eléctricas de alta tensión u otro lugar que presente peligro para la carga

**ARTICULO 68.-** Cuando por cualquier circunstancia se requiera estacionamiento nocturno en carretera se deben colocar triángulos de seguridad tanto en la parte delantera, como trasera, a la distancia que permita a los otros usuarios del camino tomar las precauciones necesarias

## CAPITULO II DEL FERROCARRIL

**ARTICULO 69.-** La empresa ferroviaria por cuestiones de seguridad deberá establecer rutas troncales para el tránsito de trenes que transporten materiales y residuos peligrosos las cuales deberán estar adecuadas a los requerimientos de capacidad de peso bruto de las unidades que se desplazan sobre ellas, de acuerdo a la normatividad vigente

**ARTICULO 70.-** No se deberá transportar por ferrocarril nitroglicerina o fulminantes, con excepción de fulminantes de mercurio en capsulas explosivos cebados y dinamita exudada tampoco se permitirá el transporte de substancias explosivas de una reactividad tal que puedan reaccionar espontáneamente

**ARTICULO 71.-** No se deberá exceder el peso máximo permitido por el riel, siendo necesario que las unidades sean pesadas desde su origen, de ser posible en báscula particular certificada y autorizada por autoridad competente

**ARTICULO 72.-** La unidad que presente algún desperfecto que le imposibilite continuar su movimiento con seguridad, deberá ser cortada del servicio y estacionada en el lado más próximo, con personal que se encargue de su cuidado, procediendo de acuerdo a la normatividad establecida

**ARTICULO 73.-** Cuando una unidad sea cortada del servicio por algún defecto y se requiera transvasar o sobordar el material peligroso transportado, deberán observarse las medidas necesarias para garantizar la seguridad de la operación

**ARTICULO 74.-** Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán llevar a bordo y en forma permanente un supervisor de la empresa ferroviaria que verifique el cumplimiento de la reglamentación aplicable

**ARTICULO 75.-** Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos permanecerán el menor tiempo posible en estaciones y no podrán ser disgregados de su formación durante su recorrido

**ARTICULO 76.-** Queda prohibido adicionar al convoy carros con materiales o residuos peligrosos incompatibles a los transportados, por lo que deberá procederse de acuerdo a la normatividad emitida sobre el particular

**ARTICULO 77.-** No se deberán transportar o remolcar unidades que transporten materiales o residuos peligrosos en trenes asignados para servicio de pasajeros así como en los de servicio mixto

**ARTICULO 78.-** Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos contarán con equipo de radiocomunicación operando y todos sus tripulantes deberán contar con equipo portátil de radiocomunicación

**ARTICULO 79.-** No deberá abrirse ningún envase y embalaje, unidad de arrastre o carro tanque que transporte materiales o residuos peligrosos entre los puntos de origen y destino, excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "información de emergencia en transportación"

**ARTICULO 80.-** En condiciones meteorológicas adversas, tales como lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos muy fuertes antes de iniciar la marcha de un tren que transporte materiales o residuos peligrosos, deberá asignarse un motor explorador que alerte sobre los posibles peligros que se puedan presentar en el recorrido

**ARTICULO 81.-** Al acercarse a estaciones o terminales los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán observar

una velocidad de desplazamiento que no exceda los 25 km/hr dentro de los límites de patio

**ARTICULO 82.-** Con objeto de evitar fallas en camino, en pendientes ascendentes mayores de 1.5% y curvaturas mayores de 10°, las velocidades deberán establecerse tomando en consideración las velocidades mínimas indicadas en los manuales de locomotoras

**ARTICULO 83.-** La empresa ferroviaria deberá identificar mediante placas especiales, los puntos en los que se restrinja la velocidad para el tránsito de trenes que transporten materiales o residuos peligrosos al

ingresar o abandonar zonas de influencia de áreas metropolitanas, ciudades o pueblos que se localicen a lo largo de líneas troncales sobre las que transiten

**ARTICULO 84.-** Los trenes unitarios que remolquen unidades cargadas con material o residuo peligroso deberán circular a una velocidad menor a 30 km/hr. al ingresar a un área metropolitana, ciudad o poblado

**ARTICULO 85.-** Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán transitar con su sistema de frenos de aire, freno de mano y herrajes de freno en condiciones adecuadas de operación. En caso de que dichos trenes tengan que transitar en zonas topográficas que presenten fuertes pendientes y radios críticos de curvatura, deberán tener en óptimas condiciones de operación el sistema de freno dinámico

**ARTICULO 86.-** Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán utilizar los lineamientos ferroviarios existentes para evitar el tránsito en zonas urbanas

**ARTICULO 87.-** Sólo se transportarán materiales y residuos peligrosos en trenes de flete. En caso de explosivos comprendidos en la Clase 1, sólo se admitirán remesas que no excedan un total de 5000 kg por tren

**ARTICULO 88.-** Los trenes que transporten materiales y residuos peligrosos deberán contar con el equipo de protección y accesorios de seguridad necesarios para garantizar la seguridad en su tránsito sobre vías troncales, de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable

**ARTICULO 89.-** Las unidades cargadas en vías particulares que se reportan listas para su arrastre deberán ser movidas a su destino a la brevedad posible, donde deberán ser remitidas de inmediato a la vía donde serán descargadas.

**ARTICULO 90.-** Deberán extremarse precauciones al hacer movimiento con carros que contengan materiales y residuos peligrosos, evitando manejos bruscos, especialmente volantes y enganches fuertes. En caso de estacionar las unidades, se hará en condiciones que garanticen su seguridad.

**ARTICULO 91.-** Los movimientos de acoplamiento de unidades deberán realizarse a una velocidad que no exceda de 5 km/hr

**ARTICULO 92.-** Los carros tanque cargados con gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, Clase 2, que sean cortados en tránsito para ser conectados a otra clase de equipo o bien para ser conectados directamente a carros tanque cargados con materiales similares, deberán ser manejados en cortes de no más de 2 carros

**ARTICULO 93.-** El manejo de unidades que contengan materiales y residuos peligrosos, deberán realizarse para su estacionamiento, embarque o desembarque, fuera de áreas pobladas

**ARTICULO 94.-** Los carros que porten carteles indicando la presencia de material o residuo peligroso, deberán colocarse en el tren de acuerdo a lo que establece la tabla de segregación para la colocación de carros contenida en las normas vigentes.

**ARTICULO 95.-** Cuando se requiera realizar movimientos en patio con unidades que contengan materiales o residuos peligrosos, deberán utilizarse dos unidades que sirvan de protección entre la locomotora y la unidad o unidades que contengan dichos materiales, debiendo manejarse con el sistema de frenos de aire acoplado

**ARTICULO 96.-** Las unidades de arrastre vacías destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos no deberán estacionarse en vías de patio, una vez que hayan sido descargadas se remitirán de inmediato a sus propietarios y en caso de pertenecer a la misma empresa ferroviaria, se enviarán a sus instalaciones de mantenimiento

**ARTICULO 97.-** Las maniobras y movimientos de unidades en espuelas particulares, deberán efectuarse preferentemente a la luz del día, cuando se tenga que recibir o entregar unidades de arrastre que contengan materiales o residuos peligrosos

**ARTICULO 98.-** Al hacer movimiento en las vías particulares de industrias, se deberán revisar y asegurar que las unidades por mover estén completamente desconectadas de los dispositivos de carga y descarga que se encuentran fijos en las instalaciones de las mismas

**ARTICULO 99.-** Antes de iniciar el movimiento de unidades en vías particulares, el personal de la empresa deberá verificar las diferentes medidas de seguridad que se tengan establecidas en la planta para el manejo de unidades conteniendo materiales o residuos peligrosos

**ARTICULO 100.-** La empresa ferroviaria deberá verificar que las condiciones físicas de las vías particulares presten seguridad para la realización de maniobras y movimientos con unidades de arrastre que contengan materiales y residuos peligrosos

**ARTICULO 101.-** Las unidades que sean entregadas en espuelas particulares, deberán ser aseguradas aplicando el freno de mano a cada una de ellas y cuando exista, deberá colocarse el descarrilador sobre la vía

## TITULO SEXTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS CAPITULO I

### DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS

**ARTICULO 102.-** El transporte de residuos peligrosos deberá efectuarse conforme a la clase de sustancia peligrosa de que se trate y que dio origen al residuo. Asimismo, para establecer el destino final del residuo peligroso, deberá sujetarse a las normas que se expidan

**ARTICULO 103.-** Las empresas de transporte terrestre que generen cualquier remanente peligroso por lavado o descontaminación de las unidades utilizadas para el transporte de alguna substancia peligrosa, serán apegarse a las normas que expida la Secretaría de Desarrollo Social.

**ARTICULO 104.-** En la carta porte se establecerá claramente el destino final del residuo generado y se notificará a las autoridades correspondientes.

**ARTICULO 105.-** El propietario o generador del residuo peligroso quedará obligado a cerciorarse de que el sistema de transporte y las instalaciones del destinatario de la carga, estén autorizadas por la Secretaría de Desarrollo Social.

**ARTICULO 106.-** Para el traslado de residuos peligrosos la unidad a utilizar deberá cumplir con las especificaciones de construcción determinadas para el transporte de materiales de acuerdo a la norma correspondiente.

**ARTICULO 107.-** Para la clasificación de los residuos peligrosos se estará a lo que establezca la norma.

**ARTICULO 108.-** Para transportar residuos peligrosos, éstos deberán ser compatibles entre sí, conforme a la norma correspondiente, llevándose las bitácoras de control de residuos.

**TITULO SEPTIMO  
DE LA RESPONSABILIDAD  
CAPITULO I  
DEL AUTOTRANSPORTE  
Y DEL FERROCARRIL**

**ARTICULO 109.-** Los transportistas, expedidores o generadores de los materiales o residuos peligrosos, deberán contratar un seguro que ampare los daños que puedan ocasionarse a terceros en sus bienes y personas, ambiente, vías generales de comunicación y cualquier otro daño que pudiera generarse por la carga en caso de accidente de conformidad con la normatividad respectiva.

**ARTICULO 110.-** El seguro deberá amparar el traslado de la carga desde el momento en que salga de las instalaciones del expedidor o generador hasta que se reciba en las instalaciones señaladas como destino final.

**ARTICULO 111.-** La cobertura mínima de los seguros para cada riesgo del material y residuo peligroso de que se trate, se determinarán conjuntamente por las autoridades involucradas, en función del tipo de material que se transporta, cantidad o volumen de la carga y alcance de los daños que dieran lugar a los materiales.

**ARTICULO 112.-** Los seguros a que se refieren los artículos anteriores no limitan la responsabilidad del transportista y del expedidor o generador del material o residuo peligroso.

**ARTICULO 113.-** La carga y descarga de materiales y residuos peligrosos quedará a cargo de los expedidores y destinatarios respectivamente por lo que estos deberán de tomar las medidas necesarias para evitar accidentes.

**TITULO OCTAVO  
DE LAS OBLIGACIONES ESPECIFICAS  
CAPITULO I  
DEL EXPEDIDOR Y DESTINATARIO DEL MATERIAL  
Y RESIDUO PELIGROSO**

**ARTICULO 114.-** Para el transporte de materiales y residuos peligrosos el expedidor tendrá como obligaciones:

I. Cerciorarse que los envases y embalajes que contengan los materiales o residuos peligrosos cumplan con las especificaciones de fabricación estipuladas en las normas correspondientes.

II. Identificar los materiales y residuos con las etiquetas y carteles correspondientes en los envases, embalajes y unidades de transporte de acuerdo a las normas respectivas.

III. Proporcionar la "información de emergencia en transportación", del material o residuo transportado conforme a lo que estipula este Reglamento, la cual deberá apegarse a la norma que expida la Secretaría.

IV. Indicar al transportista sobre el equipo de seguridad necesario con que debe contar en caso de accidente de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate.

V. Proporcionar al transportista los carteles que deberá instalar en las unidades de acuerdo al tipo de material o residuo peligroso de que se trate.

VI. No efectuar el envío de materiales o residuos peligrosos en unidades que no cumplan con las especificaciones indicadas en el presente Reglamento o en las normas correspondientes.

VII. Contar con las autorizaciones necesarias y la documentación complementaria requerida para evitar e se retrase el traslado de la carga.

VIII. Proporcionar al destinatario todos los datos relativos al embarque de materiales y residuos peligrosos, con objeto de que este pueda, en cualquier momento, realizar el seguimiento de los materiales o residuos transportados indicándole además fecha y hora prevista para su llegada al punto de destino. y

IX. Verificar que las maniobras de carga se realicen exclusivamente por personal capacitado, que cuente con equipo de protección adecuado.

ARTICULO 115.- Los destinatarios de los envíos de materiales y residuos peligrosos deberán descargarlos en lugares destinados especialmente para ello, en condiciones que garanticen seguridad, verificando que las maniobras de descarga se realicen exclusivamente por personal capacitado que cuente con equipo de protección adecuado

ARTICULO 116.- Una vez notificado, el destinatario deberá acudir inmediatamente a realizar los trámites correspondientes para que las unidades que le fueron remitidas sean remolcadas hasta sus instalaciones, o bien para recoger y transportar hasta sus bodegas los materiales y residuos peligrosos recibidos.

ARTICULO 117.- Cuando así se estipule, los usuarios de unidades pertenecientes a transportistas, deberán retornarlas libres de remanentes de sustancias o residuos peligrosos debiendo ser el transportista el que exija el cumplimiento de este requisito.

## CAPITULO II DEL AUTOTRANSPORTE

ARTICULO 118.- El expedidor, el autotransportista y el destinatario, dentro de la esfera de sus responsabilidades, deberán coordinarse para que el material y residuo peligrosos se transporten en condiciones de seguridad y llegue a tiempo a su destino y en buen estado. Al efecto deberán tomar las siguientes medidas:

I. Acordar métodos de control previos por escrito entre expedidor, autotransportista y destinatario;

II. Efectuar la transportación con la documentación indicada en el presente Reglamento además de toda aquella necesaria para que el envío se efectúe de manera expedita, a fin de evitar la detención de la unidad por falta de algún documento. Los documentos de transporte deben indicar además, la fecha y nombre de los lugares de transbordo.

III. Determinar la ruta de transporte que presente mejores condiciones de seguridad. Si hay que hacer transbordos, deberán tomarse las medidas necesarias para que los materiales y residuos peligrosos en tránsito sean manipulados con cuidado, sin demora y con vigilancia para que no se dañen la salud ni el ambiente que los rodea. y

IV. Vigilar que en caso de transvase o transbordo, éstos se efectúen conforme a lo que indica el presente Reglamento

ARTICULO 119.- El autotransportista de materiales y residuos peligrosos deberá cumplir con lo siguiente:

I. Aceptar la transportación sólo de aquellos envíos que cumplan con los requisitos de documentación, sistema de identificación y demás disposiciones contenidas en el presente Reglamento.

II. No cargar materiales o residuos peligrosos que en su envase y embalaje o contenedor presenten fracturas, fugas o escurrimientos.

III. Proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que pueda generar una reacción del material o residuo peligroso que se transporte.

IV. Revisar que la unidad no cuente con elementos punzocortantes u otros que puedan deteriorar la carga, exponiendo la salud y la vida de personas, los bienes y el ambiente.

V. Contar con unidades adecuadas a los materiales y residuos peligrosos que transporten y que cumplan con las características y especificaciones que establece el presente Reglamento.

VI. Colocar en lugar visible la razón social, dirección y teléfono de la empresa, así como los correspondientes al Sistema Nacional de Emergencias en Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos.

VII. Vigilar que el manejo de sus vehículos destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos quede encomendado solo a conductores que posean la licencia federal de conductor respectiva;

VIII. Proporcionar capacitación y actualización de conocimientos a su personal y conductores, conforme a lo que establece el presente Reglamento.

IX. Instalar en las unidades los carteles proporcionados por el expedidor. y

X. Llevar la estadística de los accidentes e incidentes que tengan sus unidades y personal para determinar las acciones tendientes a reducir las probabilidades de siniestros

## DEL CONDUCTOR

ARTICULO 120 - Todo conductor que transporte materiales y residuos peligrosos estará obligado a

I. Contar con la licencia federal expedida por la Secretaría que lo autorice a conducir vehículos con materiales o residuos peligrosos

II. Aprobar cursos de capacitación y actualización de conocimientos.

III. Efectuar la revisión ocular diaria del vehículo para asegurarse que este se encuentra en buenas condiciones mecánicas y de operación y en caso de irregularidades reportarlo al transportista de conformidad con la norma que se emita.

IV. En caso de accidentes, deberán realizar las indicaciones de seguridad estipuladas en la información de emergencia en transportación, y permanecer al cuidado del vehículo y su carga, si no presenta peligro para su persona, hasta que llegue el auxilio correspondiente, y

V. Colocar en un lugar visible dentro de la cabina de la unidad motriz, de preferencia en una carpeta portafolios, todos los documentos requeridos en el presente Reglamento

### CAPÍTULO III DEL FERROCARRIL DE LA EMPRESA FERROVIARIA

ARTICULO 121.- Será obligación de la empresa ferroviaria

I. Garantizar la seguridad de los trenes que circulen por rutas troncales seleccionadas para el transporte de materiales y residuos peligrosos, realizando inspecciones periódicas a la infraestructura de acuerdo a lo establecido en la reglamentación vigente,

II. Mantener en óptimas condiciones de operación las locomotoras asignadas para servicio de trenes unitarios y directos, con objeto de que el arrastre sea rápido y eficaz,

III. Dirigir las tripulaciones asignadas a la operación de trenes observen jornadas de trabajo que no excedan un máximo de 11 horas y que tengan un periodo mínimo de 12 horas de descanso antes de su llamada a servicio.

IV. Mover con rapidez los trenes unitarios y directos estableciendo sus corridas con derecho preferencial sobre cualquier otra clase de trenes, excepto los de pasajeros

V. Establecer los procedimientos necesarios para coordinar sus actividades con expedidores y destinatarios, a fin de que el transporte se realice bajo condiciones de seguridad que garanticen la llegada del material o residuo peligroso a su destino final y en buenas condiciones,

VI. Tomar las medidas necesarias para que los envases, embalajes, contenedores y unidades de arrastre no sufran daño durante el transporte a causa de movimientos o enganches bruscos de los trenes;

VII. Proporcionar las tripulaciones necesarias en las conexiones interdivisionales y asegurar que se encuentren listas para tomar el control de los trenes, inmediatamente después de que lleguen a los puntos de conexión;

VIII. Instalar en las unidades los carteles proporcionados por el expedidor,

IX. Suministrar todas las partes y componentes necesarios para la conservación de las unidades civas y de arrastre.

X. Exigir que todas las tripulaciones y oficiales obtengan la licencia federal ferroviaria, vigilando que dicho documento se encuentre vigente.

XI. Exigir que las tripulaciones sustenten al inicio de sus recorridos los exámenes médicos requeridos para garantizar que su estado físico general es apto para el desarrollo apropiado de sus actividades;

XII. Proporcionar en forma semestral a la Secretaría la relación del equipo propio y de intercambio utilizado para el transporte de materiales y residuos peligrosos que se encuentre operando sobre su red, incluyendo record de mantenimiento y características generales de las unidades;

XIII. Verificar que las unidades ajenas a la empresa ferroviaria cumplan con la normatividad establecida para el transporte de materiales y residuos peligrosos, y

XIV. Proporcionar capacitación y actualización al personal que intervenga en la operación de trenes conforme lo establece el presente Reglamento

### DE LAS TRIPULACIONES DE TRENES

ARTICULO 122.- Serán obligaciones de las tripulaciones de trenes

I. Sujetarse a las disposiciones contenidas en la normatividad vigente,

II. Verificar que los carros cargados con materiales o residuos peligrosos cuenten con los carteles reglamentarios,

III. Exigir que les sean entregadas las guías de embarque que deberán contener los datos indicados en la norma correspondiente

IV. Verificar en la documentación de embarque, antes de abrir las puertas de las unidades, si en el interior de éstas se encuentran cilindros conteniendo gases licuados (butano o propano) o cualquier otro material clasificado como inflamable Clase 2 que pudiera estar escapando o despidiendo vapores, a fin de que se tomen las precauciones indicadas en este Reglamento para cada caso en particular y se evite acercarse a luces de bengala al momento de abrir el carro,

V. Prestar ayuda para realizar la inspección periódica al estado físico y a los dispositivos de seguridad instalados en las unidades que manejen en sus trenes, independientemente de las obligaciones que les impone la reglamentación vigente.

VI. Verificar antes de iniciar sus recorridos, que cuentan con la herramienta y materiales reglamentarios, a fin de que en caso necesario se realice el reemplazo de piezas dañadas o en mal estado que puedan ser sustituidas en camino.

VII. Llevar el registro de la formación del tren, que indique la posición que tienen los carros que transporten materiales y residuos peligrosos, cuando en camino se adicione o cambie la posición de unidades por los requerimientos de servicio deberá anotarse en dicho registro, y

VIII. Portar la licencia federal vigente y el documento que avale los exámenes médicos practicados por la autoridad competente, al inicio de su recorrido.

#### DE LOS JEFES DE PATIO

ARTICULO 123.- Serán obligaciones de los jefes de patio:

I. Solicitar la presencia de un oficial de transportes que supervise las actividades de la tripulación durante su recorrido; así como la presencia de un inspector de unidades de arrastre que verifique las unidades que componen el tren antes de su salida,

II. Supervisar que el arrastre de unidades que transporten materiales o residuos peligrosos se efectúe de preferencia en trenes unitarios o directos, y

III. En terminales donde existan instalaciones para clasificación de unidades, que utilicen sistemas de desplazamiento por gravedad, deberán evitar que las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos sean clasificadas de esta manera,

#### DE LOS JEFES DE ESTACION

ARTICULO 124.- Serán obligaciones de los jefes de estación:

I. No recibir remesas de armas de fuego, municiones, explosivos o fósforos, sin el permiso correspondiente de las autoridades competentes;

II. Revisar que los carros a utilizar para transportar materiales y residuos peligrosos se encuentren en óptimas condiciones físicas, con objeto de evitar que los materiales a transportar caigan accidentalmente fuera de la unidad y ocasionen alguna explosión, incendio, o cualquier otra clase de daño;

III. No recibir mercancía clasificada como material o residuo peligroso hasta que dispongan de la unidad o unidades necesarias, quedando prohibido almacenar este tipo de materiales en las instalaciones del ferrocarril,

IV. Aceptar únicamente la carga cuando los envases o embalajes hayan sido debidamente identificados con sus etiquetas y carteles, de acuerdo a lo establecido en este Reglamento;

V. No permitir la descarga de carros que transporten materiales y residuos peligrosos en patios de estaciones, vías auxiliares, escapes o laderos en donde se realicen encuentros o paso de trenes, así como en otras vías que se encuentren fuera de las industrias y que no cuenten con la protección adecuada para el manejo de estos materiales y residuos,

VI. Solicitar un inspector de unidades de arrastre que efectúe una minuciosa revisión del equipo neumático y mecánico de la unidad para certificar que sus condiciones para operación son adecuadas, cuando reciban solicitud de remolcar unidades conteniendo materiales o residuos peligrosos;

VII. Verificar que el envase y embalaje de los materiales y residuos peligrosos a transportar cumplan con las disposiciones del presente Reglamento;

VIII. Asignar personal que se encargue exclusivamente de la vigilancia de unidades que contengan materiales o residuos peligrosos, desde el momento en que finalice su cargadura hasta que sean remolcadas a su destino,

IX. No recibir cilindros de acero que contengan gas licuado, acetileno u oxígeno si sus válvulas no están protegidas con una tapa de seguridad (cachucha), y

X.- Informar a los usuarios que lo soliciten sobre el tipo de envases y embalajes adecuados para los materiales y residuos peligrosos que deseen transportar, indicándoles además la manera en que dichos envases y embalajes deben ser identificados y etiquetados

#### DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA, RECONSTRUCTORA O ARRENDADORA DE UNIDADES DE ARRASTRE

ARTICULO 125.- El constructor o reconstructor de unidades de arrastre a utilizar en el transporte de materiales y residuos peligrosos, entregará al comprador las especificaciones de diseño y construcción de la unidad adquirida y un certificado que garantice que los materiales empleados cumplen con las especificaciones requeridas para el uso a que se destine de acuerdo a la normatividad correspondiente.

ARTICULO 126.- Las arrendadoras están obligadas a proporcionar a los usuarios que requieran transportar materiales y residuos peligrosos, unidades libres de remanentes de acuerdo a la normatividad establecida por la autoridad competente, debiendo mostrar al usuario el certificado que avale los trabajos realizados.

ARTICULO 127.- Las arrendadoras, deberán proporcionar en forma semestral a la Secretaría la relación de equipo para transporte de materiales y residuos peligrosos que se encuentre operando, incluyendo sus registros de mantenimiento y características generales

#### CAPITULO IV

##### DE LA CAPACITACION

ARTICULO 128 - El personal y conductores que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos deberán contar con una capacitación específica y actualización de conocimientos.

ARTICULO 129.- Los programas de capacitación deberán ser aprobados por la Secretaría y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y para su presentación a estas, ser avalados por el fabricante o generador de las substancias peligrosas

ARTICULO 130.- Los autotransportistas tomarán las medidas necesarias para asegurar el cumplimiento de la obligación anterior, asimismo están obligados a vigilar que el manejo de sus vehículos destinados al

transporte de materiales y residuos peligrosos, quede encomendado sólo a operadores que posean la licencia federal de conductor específica

**ARTICULO 131.-** La capacitación y actualización de conocimientos al personal y conductores que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos se efectuará mediante la impartición de cursos de instrucción teórica y práctica. Esta deberá realizarse en centros especialmente diseñados y con programas de capacitación autorizados por la Secretaría para este propósito, en coordinación con la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. En el caso del conductor, la aprobación de los cursos de capacitación y actualización de conocimientos, será requisito para obtener la licencia federal de conductor específica para operar unidades que transporten materiales y residuos peligrosos.

**ARTICULO 132.-** La empresa ferroviaria deberá asegurar que el personal de las tripulaciones asignadas al servicio de los trenes, cuenten con los conocimientos indispensables para el manejo seguro de los materiales y residuos peligrosos transportados, estableciendo para ello los programas de capacitación y actualización necesarios que avalen su aptitud técnica. Los programas de actualización deberán impartirse cada tres años, expidiéndose en cada caso los certificados correspondientes.

**ARTICULO 133.-** Previa autorización de la Secretaría la empresa ferroviaria deberá editar y actualizar permanentemente publicaciones, guías y manuales que contengan información concerniente al manejo de substancias y residuos peligrosos con objeto de que su personal cuente con los elementos necesarios para la manipulación de los mismos y conozca las acciones a tomar en caso de accidente.

#### TITULO NOVENO

##### SANCIONES

**ARTICULO 134.-** Las infracciones a lo dispuesto en el presente Reglamento, serán sancionadas en la siguiente forma:

I. Se aplicará multa hasta por el equivalente a mil días de salario mínimo, por las infracciones a los artículos 50, 17, 20, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 61, 63, 65, 69, 71, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 99, 102, 103, 104, 105, 110, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, y 133.

II. Se aplicará multa hasta por el equivalente a dos mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 42, 43, 47, 60, 64, 67, 68, 72, 73, 85, 93, 98, 100, 101, 106, 115, y 121.

III. Se aplicará multa hasta por el equivalente a cinco mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 60, 59, 59, 62, 66, 70, 78, 77, 79, 87, 108 y 109.

IV. Se aplicará multa hasta por el equivalente de cien días de salario mínimo, por infracciones a los límites de velocidad establecidos en los artículos aplicables de este Reglamento y en los ordenamientos de tránsito.

En caso de reincidencia, las infracciones al Reglamento se sancionarán con multas hasta por el doble de las cantidades que le correspondan.

**ARTICULO 135.-** Para la imposición de sanciones administrativas, se tomará como base el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, en la fecha en que se cometió la infracción. Para determinar la sanción se deberá considerar la condición económica y el carácter intencional del infractor, si se trata de reincidencia y la gravedad de la infracción.

**ARTICULO 136.-** La aplicación de sanciones económicas y administrativas a que aluden los artículos anteriores, será independiente de las que impongan otras dependencias del Ejecutivo Federal en el ejercicio de sus funciones o de la responsabilidad civil o penal que resultare.

##### TRANSITORIOS

**PRIMERO.-** El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, excepto por lo que hace a los Artículos 131 y 132, que entrarán en vigor a los noventa días de publicado el presente Reglamento, a fin de que la Secretaría y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, provean lo necesario, para la conformación de los programas de capacitación y actualización de conocimientos al personal y conductores, que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos.

**SEGUNDO.-** La licencia federal ferroviaria para el personal que intervenga en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se exigirá en un periodo de 180 días contados a partir de la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial de la Federación.

**TERCERO.-** Se cogen todas las disposiciones que se opongan al presente ordenamiento.

**CUARTO.-** La Secretaría, en coordinación con las demás autoridades competentes y las partes involucradas, en un plazo de 60 días contados a partir de la publicación del presente Reglamento, llevarán a cabo el programa de acción a seguir para la elaboración de las normas respectivas.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veintinueve días del mes de marzo de mil novecientos noventa y tres - Carlos Salinas de Gortari - Rúbrica - El Secretario de Gobernación, José Patrocinio González Blanco Garrido - Rúbrica - El Secretario de la Defensa Nacional, Antonio Riviello Bazán - Rúbrica - El Secretario de Desarrollo Social, Donald Colosio Murrieta - Rúbrica - El Secretario de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Emilio Lozoya Talamán - Rúbrica - Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Jaime Serra Puche - Rúbrica - Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Andrés Caso Lombardo - Rúbrica - El Secretario de Salud, Jesús Kumate Rodríguez - Rúbrica -

## **ANEXO No. 2**

## PODER EJECUTIVO

### SECRETARIA DE GOBERNACION

**ACUERDO** por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos. - Secretaría de Gobernación.

**ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5o. FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.**

#### CONSIDERANDO

Que la regulación de las actividades que se consideran altamente riesgosas, por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o al ambiente, está contemplada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación, y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas, se publicarán los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso envuelven su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uo a disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga

o derrame de las mismas, vja atmosférica, provocaría la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medio de transporte, y en el caso de la formación de rubas explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

Que en consecuencia, para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente.

Que cuando una sustancia presente más de una de las propiedades señaladas, ésta se clasificará en función de aquélla o aquéllas que representen el o los más altos grados potenciales de afectación al ambiente, a la población o a sus bienes y aparecerá en el listado o listados correspondientes.

Que mediante este Acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y que corresponde a aquéllas en que se manejan sustancias tóxicas. En dicho listado quedan exceptuados en forma expresa el uso y aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, en virtud de que existe una legislación específica para el caso, en la que se regula esta actividad en lo particular.

Que este primer listado y los subsecuentes que se expidan, para el caso de aquellas actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables, explosivas, reactivas, corrosivas o biológicas, éstas constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aun cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radiactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radiactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardia, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, llevaran a cabo los estudios que sirvieran de sustento para determinar los criterios y este primer listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

#### ACUERDO

**ARTICULO 1o.**—Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

**ARTICULO 2o.**—Para los efectos de este ordenamiento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

**Cantidad de reporte:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, o la población o a sus bienes.

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

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

**Sustancia tóxica:** Aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

**ARTICULO 3o.**—Con base en lo previsto en el artículo primero, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

1. Cantidad de reporte: a partir de 1 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO CIANHIDRICO  
ACIDO FLUORHIDRICO -- (FLUORURO DE HIDROGENO)

ARSINA  
CLORURO DE HIDROGENO  
CLOPO (1)  
DIBORANO  
DIOXIDO DE NITROGENO  
FLUOR  
FOSGENO  
HEXAFLUORURO DE TELURIO  
OXIDO NITRICO  
OZONO(2)  
SELENIURO DE HIDROGENO  
TETRAFLUORURO DE AZUFRE  
TRICLORURO DE BORO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACROLEINA  
ALIL AMINA  
BROMURO DE PROPARGILO  
BUTIL VINIL ETER  
CARBONILO DE NIQUEL  
CICLOPENTANO  
CLOROMETIL METIL ETER  
CLORURO DE METACRILILOLO  
DIOXOLANO  
DISULFURO DE METILO  
FLUORURO CIANURICO  
FURANO  
ISOCIANATO DE METILO  
METIL HIDRAZINA  
METIL VINIL CETONA  
PENTABORANO  
SULFURO DE DIMETILO  
TRICLOROETIL SILANO

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

2 CLOROFENIL TIUREA  
2,4 DITIOBIURET  
4,6 DINITRO -O- CRESOL  
ACIDO BENCEN ARSENICO  
ACIDO CLOROACETICO  
ACIDO FLUOROACETICO  
ACIDO METIL -O- CARBAMILO  
ACIDO TICCIANICO 2-BENZOTIANICO  
AIDICARB  
ARSENATO DE CALCIO  
BIS CLOROMETIL CETONA  
BROMODIOLONA  
CARBOFURANO (FURADAN)  
CARBONILOS DE COBALTO  
CIANURO DE POTASIO  
CIANURO DE SODIO  
CLOPOPLATINATO DE AMONIO  
CLORURO CROMICO  
CLORURO DE DICLORO BENZALKONIO  
CLORURO PLATINOSO  
COBALTO

COBALTO (2, 2-(1,2-ETANO)	ISOFLUORFATO
COMPLEJO DE ORGANORODIO	MESITILENO
DECABORANO	OXICLORURO FOSFOROSO
DICLORO XILENO	PENTACARBONILO DE FIERRO
DIFACIONONA	PROPIONITRILLO
DIISOCIANATO DE ISOFORONA	PSEUDOCUMENO
DIMETIL -P- FENILENDIAMINA	TETRACLORURO DE TITANIO
DIXITOXIN	TRICLORO (CLOROMETIL) SILANO
ENDOSULFAN	VINIL NORBORNENO
EPN	c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:
ESTEREOATO DE CADMIO	ACETATO DE METOXIETILMERCURIO
ESTRICHINA	ACETATO FENIL MERCURICO
FENAMIFOS	ACETATO MERCURICO
FENIL TIUREA	ARSENITO DE POTASIO
FLUOROACETAMIDA	ARSENITO DE SODIO
FOSFORO (ROJO, AMARILLO Y BLANCO)	AZIDA DE SODIO
FOSFORO DE ZINC	BROMURO CIANOGENO
FOSMET	CIANURO POTASICO DE PLATA
HEXACLORO NAFTALENO	CLORURO DE MERCURIO
HIDRURO DE LITIO	CLORURO DE TALIO
METIL ANZIFOS	FENOL
METIL PARATHION	FOSFATO ETILMERCURICO
MONOCROTOFOS (AZODRIN)	HIDROQUINONA
OXIDO DE CADMIO	ISOTIOSIANATO DE METILO
PARAQUAT	LINDANO
PARAQUAT-METASULFATO	MALONATO TALOSO
PENTADECILAMINA	MALONONITRILLO
PENTOXIDO DE ARSENICO	NIQUEL METALICO
PENTOXIDO DE FOSFORO	OXIDO MERCURICO
PENTOXIDO DE VANADIO	PENTACLOROFENOL
PIRENO	PENTACLORURO DE FOSFORO
PIRIDINA, 2 METIL, 5 VINIL	SALCOMINA
SELENIATO DE SODIO	SELENITO DE SODIO
SULFATO DE ESTRICHINA	TELURIO
SULFATO TALOSO	TELURITO DE SODIO
SULFATO DE TALIO	TIOSEMICARBACIDA ACETONA
TETRACLORURO DE IRIDIO	TRICLORURO DE GALIO
TETRACLORURO DE PLATINO	WARFARIN
TETRAOXIDO DE OSMIO	III. Cantidad de reporte: a partir de 100 kg.
TIOSEMICARBAZIDA	a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:
TRICLOROFON	BROMURO DE METILO
TRIOXIDO DE AZUFRE	ETANO (3)
II. Cantidad de reporte: a partir de 10 Kg.	OXIDO DE ETILENO
a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:	b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:
ACIDO SULFHIDRICO	2, 6 --DIISOCIANATO DE TOLUENO
AMONIACO ANHIDRO	ACETALDEHIDO (3)
FOSFINA	ACETATO DE VINILO
METIL MERCAPTANO	ACIDO NITRICO
TRIFLUORURO DE BORO	ACIPILONITRILLO
b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:	ALCOHOL ALLILICO
1, 2, 3, 4 DIEPOXIBUTANO	BETA PROPIOLACTONA
2, CLOROETANOL	CLOROACETALDEHIDO
BROMO	CRONALDEHIDO
CLORURO DE ACRILICO	

DISULFURO DE CARBONO  
 ETER BIS — CLORO METILICO  
 HIDRACINA  
 METIL TRICLORO SILANO  
 NITROSODIMETILAMINA  
 OXIDO DE PROPILENO  
 PENTAFLUOROETANO  
 PENTAFLUORURO DE ANTIMONIO  
 PERCLOROMETIL MERCAPTANO  
 PIPERIDINA  
 PROPYLENIMINA  
 TETRAMETILO DE PLOMO  
 TETRAMITROMETANO  
 TRICLORO BENCENO  
 TRICLORURO DE ARSENICO  
 TRIETOXISILANO  
 TRIFLUORURO DE BORO

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACIDO CRESILICO  
 ACIDO SELENIOSO  
 ACRILAMIDA  
 CARBONATO DE TALIO  
 METOMIL  
 OXIDO TALICO  
 YODURO CIANOGENO

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1000 Kg.

a) En el caso de la siguiente sustancia en estado gaseoso:

BUTADIENO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETONITRILLO  
 BENCENO (3)  
 CIANURO DE BENCILO  
 CLOROFORMO  
 CLORURO DE BENZAL  
 CLORURO DE BENCILO  
 2, 4-DIISOCIANATO DE TOLUENO  
 EPICLOROHIDRINA  
 ISOBUTIRONITRILLO  
 OXICLORURO DE SELENIO  
 PEROXIDO DE HIDROGENO  
 TETRACLORURO DE CARBONO (3)  
 TETRAETILO DE PLOMO  
 TRIMETILCLORO SILANO

V. Cantidad de reporte: a partir de 10000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6 TRIMETIL ANILINA  
 ANILINA  
 CICLOHEXILAMINA  
 CLORURO DE BENCENO SULFONILO  
 DICLOROMETIL FENIL SILANO  
 ETILEN DIAMINA  
 FORATO

FORMALDEHIDO CIANOHDIRINA  
 GAS MOSTAZA; SINONIMO (SULFATO DE BIS (2-CLOROETILO))  
 HEXACLORO CICLO PENTADIENO  
 LACTONITRILLO  
 MECLORETAMINA  
 METANOL  
 OLEUM  
 PERCLOROETILENO (3)  
 SULFATO DE DIMETILO  
 TIOCIANATO DE ETILO  
 TOLUENO (3)

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100 000

Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,1 —DIMETIL HIDRACINA  
 ANHIDRIDO METACRILICO  
 CUMENO  
 DICLORVOS  
 ETER DICLOROETILICO  
 ETER DIGLICIDILICO  
 FENIL DICLORO ARSINA  
 NEVIN-FOS (FGSFORIN)  
 OCTAMETIL DIFOSFORAMIDA  
 TRICLORO FENIL SILANO

VII. Cantidad de reportes a partir de 1 000 000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ADIPONITRILLO  
 CLORDANO  
 DIBUTILFTALATO  
 DICROTOFOS (BIDRIN)  
 DIMETIL 4 ACIDO FOSFORICO  
 DIMETILFTALATO  
 DIOCTILFTALATO  
 FOSFAMIDON  
 METIL —5— DIMETON  
 NITROBENCENO  
 TRICLORURO FOSFOROSO

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización.

(3) En virtud de que esta sustancia presenta además propiedades explosivas o inflamables, también será considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquellas en que se manejen sustancias explosivas o inflamables.

ARTICULO 4o.—Se exceptúa del listado de actividades altamente riesgosas, previsto en el artículo anterior, el uso o aplicación de plaguicidas con propiedad: tóxicas.

ARTICULO 5o.—Para efectos del presente

Acuerdo, se entenderá como sustancias en estado sólido, aquéllas que se encuentren en polvo menor de 10 micras.

**ARTICULO 6o.**—En el caso de las sustancias señaladas en el artículo 3o. que correspondan a plaguicidas, la cantidad de reporte se entenderá referida a su ingrediente técnico llamado también activo.

En los demás casos, las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse de conformidad con su máximo porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, a fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

**ARTICULO 7o.**—Las Secretarías de Gobernación y

de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paralela; Comercio y Fomento Industrial; de Salud; Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de investigaciones que al efecto se lleven a cabo.

#### TRANSITORIO

**UNICO**—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Ciudad de México a 26 de marzo de mil novecientos noventa y dos.—El Secretario de Gobernación, Fernando Gutiérrez Barrios.—Rúbrica.—El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, Patricia Chirinas Calero.—Rúbrica.

## SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO

**CONCESION** que otorga la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en representación del Gobierno Federal a Abaco Fondo Corporativo, S.A. de C.V., Sociedad de Inversión de renta fija para personas morales.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que de los Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Hacienda y Crédito Público.—Subsecretaría de Hacienda y Crédito Público.—Dirección General de Seguros y Valores.—Dirección de Valores.—Of. 102-E-366-CCSV-II-A-4317.—Exp. 724.1308904.

**CONCESION QUE A SOLICITUD DE ABACO CASA DE BOLSA, S.A. DE C.V., OTORGA LA SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO EN REPRESENTACION DEL GOBIERNO FEDERAL A "ABACO FONDO CORPORATIVO, S.A. DE C.V.", SOCIEDAD DE INVERSION DE RENTA FIJA PARA PERSONAS MORALES, BAJO LOS SIGUIENTES TERMINOS:**

**ARTICULO PRIMERO.**—En uso de la facultad que los artículos 3o. y 4o. fracción II de la Ley de Sociedades de Inversión confiere a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en relación con las disposiciones reglamentarias de carácter general contenidas en la Circular 1214 expedida por la Comisión Nacional de Valores el 8 de marzo de 1992, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 del mismo mes y año, se otorga concesión a "ABACO FONDO CORPORATIVO, S.A. DE C.V.", para operar como sociedad de inversión de renta fija para personas morales, en el marco de la Ley de Sociedades de Inversión de Renta Fija y sus disposiciones reglamentarias.

**ARTICULO SEGUNDO.**—La sociedad tendrá por objeto operar exclusivamente con valores de renta fija.

**ARTICULO TERCERO.**—La sociedad se sujetará a las disposiciones de la Ley de Sociedades de Inversión, de la Ley General de Sociedades Mercantiles, de la Circular 1214 del 8 de marzo de 1992, girada por la Comisión Nacional de Valores, a las demás que le sean aplicables y en particular, a las siguientes bases:

I.—La denominación será "ABACO FONDO CORPORATIVO, S.A. DE C.V.", Sociedad de Inversión de Renta Fija para Personas Morales.

II.—El capital social será de \$1'000'000'000 000 00 (UN BILLON DE PESOS 00'100'000'000 M.N.), debiendo quedar suscrita y pagada al constituirse la sociedad, la cantidad de \$500'000'000 000 (QUINIENTOS MILLONES DE PESOS 00'100'000 M.N.), como capital mínimo sin derecho a retiro.

**ARTICULO CUARTO.**—El domicilio de la sociedad será la ciudad de México, D.F.

**ARTICULO QUINTO.**—Por su propia naturaleza esta concesión es irrevocable.

A. Interimista

Sufragio Efectivo. No Fraccionado.

México, Distrito Federal, a veintiseis de julio de mil novecientos ochenta y nueve.—En asistencia del C. Secretario de conformidad con el artículo 137 del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.—SIS.—Subsecretaría de Hacienda y Crédito Público.—Guillermo Ortiz M., Rúbrica.

## **ANEXO No. 3**

Nota: puede ser normal o urgente.

7. Firma de los responsables y ejecutores involucrados en la autorización, supervisión y ejecución del trabajo peligroso.

8. La autorización para llevar a cabo la operación será responsabilidad del encargado de seguridad o de la persona que haya asignado como responsable

#### C. Tabla resumen de trabajos peligrosos.

En todo centro de trabajo se deberá elaborar una tabla que resuma todos los trabajos peligrosos que se realizan incluyendo cada una de las

actividades específicas que desde el punto de vista de seguridad deban considerarse para su ejecución

Dicha tabla debe elaborarse como sigue

En la primera columna de la izquierda se enunciarán los trabajos peligrosos que la empresa realice. En el renglón superior se enunciarán los procedimientos específicos de seguridad necesarios para ejecutar el trabajo peligroso considerado.

- En la intersección de la columna y renglón correspondiente se harán las anotaciones convenientes

A continuación se presenta una tabla que ejemplifica lo antes expuesto.

Tabla Resumen de Trabajos Peligrosos

Actividad Peligrosa	Procedimientos Específicos de Seguridad	Reservado	Reservado	Reservado	Reservado
Trabajo de mantenimiento de maquinaria pesada	1. Desenergizar la máquina. 2. Colocar señalamientos de advertencia.				
Trabajo de limpieza de tanques de almacenamiento de líquidos	1. Desenergizar la máquina. 2. Colocar señalamientos de advertencia.				
Trabajo de mantenimiento de maquinaria pesada	1. Desenergizar la máquina. 2. Colocar señalamientos de advertencia.				
Trabajo de mantenimiento de maquinaria pesada	1. Desenergizar la máquina. 2. Colocar señalamientos de advertencia.				
Trabajo de mantenimiento de maquinaria pesada	1. Desenergizar la máquina. 2. Colocar señalamientos de advertencia.				

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social

#### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av Azcapotzalco La Villa No 209, Barrio de Santo Tomás Delegación Azcapotzalco, CP 02020, México, D F

Sufragio Efectivo No Reelección

México, D F, a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres - El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco - Rúbrica.

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice Estados Unidos Mexicanos - Secretaría del Trabajo y Previsión Social

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO,  
Presidente del Comité Consultivo Nacional de

centros de trabajo donde desempeñen sus actividades

3.2.2 Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionada por el patrón

3.2.3 Usar el equipo de protección personal dotado por el patrón

#### 4. Requisitos.

##### 4.1 Del reconocimiento

4.1.1 El reconocimiento de las sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral deberá contener.

A) Identificar el o los contaminantes

B) Conocer las características físico-químicas, la toxicidad de las sustancias y las alteraciones que éstas puedan producir a la salud de los trabajadores

C) Identificar las fuentes generadoras

D) Delimitar las zonas donde existe el riesgo de exposición

E) Determinar el número de trabajadores potencialmente expuestos

F) Determinar la instrumentación y el método de muestreo

##### 4.2 De la evaluación

4.2.1 Efectuar la evaluación por medio del muestreo y cuantificar periódicamente los niveles de concentración, aplicando los métodos e instrumentos que señalen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes que se hubieren publicado o en ausencia de éstas, se permite utilizar los procedimientos que los avances de la tecnología recomienden, previa autorización de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, quien establecerá los requisitos y determinará en 15 días hábiles la autorización

4.2.2 Cuando la exposición laboral de los trabajadores esté sujeta a la acción de dos o más sustancias de las relacionadas en la tabla No. 1 de esta NOM-STPS-, la exposición a la mezcla deberá considerar lo establecido en el apéndice d de la tabla No 1

##### 4.3 Del control

4.3.1 Cuando las sustancias químicas contaminantes rebasen los niveles máximos permisibles de concentración, considerando el tipo de exposición, referidos en la Tabla No. 1, que forma parte de la presente NOM-STPS-, para todos los efectos correspondientes, se aplicará, en su orden las medidas siguientes.

A) Modificar o sustituir las sustancias que están alterando el medio ambiente de trabajo, capaces de causar daño a la salud de los trabajadores por otras sustancias que no lo causen

B) Reducir al mínimo las sustancias químicas contaminantes

C) Efectuar las modificaciones en los equipos o en los procedimientos de trabajo

4.3.2 Cuando por la naturaleza de los procesos productivos del centro de trabajo, no sea factible reducir las sustancias a los límites permisibles, se adoptará, en su orden, alguna de las medidas siguientes

A) Aislar las fuentes de contaminación en los procesos, los equipos o las áreas

B) Aislar a los trabajadores

C) Limitar los tiempos y frecuencias en que el trabajador esté expuesto a las sustancias químicas contaminantes

D) Dotar a los trabajadores del equipo de protección específico al riesgo. En la selección de este el patrón deberá considerar los niveles de atenuación del mismo, con el propósito de que las concentraciones medias a que exponga al trabajador no rebasen los niveles máximos previstos en la Tabla No 1

4.3.3 Los niveles máximos permisibles de concentración a que puedan estar expuestos los trabajadores, son los señalados en la Tabla No 1 la que indica 3 diferentes categorías de concentración

A) La Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT);

B) La Concentración para la Exposición a Corto Tiempo (CCT)

C) La Concentración Pico (P)

4.4 Las autoridades del trabajo, los patrones y los trabajadores promoverán mediante exámenes médicos iniciales y periódicos, el mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores que vayan a estar o estén expuestos a las sustancias químicas contaminantes. Dichos exámenes se llevarán a cabo de acuerdo con la exposición de cada caso

4.5 La Secretaría del Trabajo y Previsión Social escuchando la opinión de los sectores involucrados y con base en las experiencias disponibles y adecuadas, realizará investigaciones y los estudios necesarios para actualizar los niveles máximos permisibles a que se refiere la Tabla 1, así como establecer los correspondientes a sustancias

## T A B L A N O .

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACION DE LOS CONTAMINANTES

EN EL AIRE AMBIENTE

PARA EXPOSICIÓN LABORAL

CCP = CONCENTRACIÓN PERMITIDA EN EL TIEMPO DE HORAS DE EXPOSICIÓN.  
 CCT = CONCENTRACIÓN PERMISIBLE EN EXPOSICIÓN DE CORTO TIEMPO  
 C = CONCENTRACIÓN MEDIA.

No.	CONTAMINANTE	CCP			
		100%	50%	25%	10%
1	AIRATE	-	10	-	20
2	ACEITE MINERAL NEBLA	-	5	-	10
3	ACEITES VEGETALES NEBLA	-	10	-	20
4	ACETALDEHIDO	100	100	150	270
5	ACETATO DE ETANODIMETILETILENICO	25	170	35	170
6	ACETATO DE ETILO	400	1400	-	-
7	ACETATO DE ISOBUTILO	100	575	175	635
8	ACETATO DE ISONITRILLO	150	750	187	875
9	ACETATO DE ISOPRENILLO	250	950	110	1105
10	ACETATO DE METILO	200	670	250	760
11	ACETATO DE N-BUTILLO	100	530	150	600
12	ACETATO DE N-PROPILO	200	810	250	1050
13	ACETATO DE N-HEXILO	150	710	200	950
14	ACETATO DE sec-AMILO	175	670	150	600
15	ACETATO DE sec-BUTILLO	200	750	250	1170
16	ACETATO DE sec-HEXILO	100	330	-	-
17	ACETATO DE TERCIARIO	200	700	250	1170
18	ACETATO DE VINILO	10	30	20	60
19	ACETILENO	C	-	-	-
20	ACETONA	1000	7400	1700	3000
21	ACETONITRILLO	40	70	60	105
22	ACETILNITRICO	10	25	15	37
23	ACETILSULFONICO	5	9	-	-
24	ACIDO BORSICO	-	1	-	3
25	ACIDO Bórico	7	5	6	10
26	ACIDO OSALICO	-	1	-	2
27	ACIDO SULFURICO	-	1	-	-
28	ACIDO TIOGLICOLICO	1	5	-	-
29	ACIDO TRICLOROACETICO	-	10	-	-
30	ACETILAMINA	10	10	10	10
31	ACETILATO DE BUTILO	10	25	-	-

Nota puede ser normal o urgente.

7. Firma de los responsables y ejecutores involucrados en la autorización, supervisión y ejecución del trabajo peligroso.

8. La autorización para llevar a cabo la operación será responsabilidad del encargado de seguridad o de la persona que haya asignado como responsable.

C. Tabla resumen de trabajos peligrosos.

En todo centro de trabajo se deberá elaborar una tabla que resuma todos los trabajos peligrosos que se realizan incluyendo cada una de las

actividades específicas que desde el punto de vista de seguridad deban considerarse para su ejecución.

Dicha tabla debe elaborarse como sigue:

En la primera columna de la izquierda se enunciarán los trabajos peligrosos que la empresa realice. En el renglón superior se enunciarán los procedimientos específicos de seguridad necesarios para ejecutar el trabajo peligroso considerado.

- En la intersección de la columna y renglón correspondiente se harán las anotaciones convenientes.

A continuación se presenta una tabla que ejemplifica lo antes expuesto.

TABLA RESUMEN DE TRABAJOS PELIGROSOS

Actividad peligrosa	PROCEDIMIENTOS ESPECÍFICOS DE SEGURIDAD				
	1. Limpieza de la zona	2. Señalización de la zona	3. Prohibición de entrar a la zona	4. Uso de equipo de protección personal	5. Otros procedimientos de seguridad
Trabajo de mantenimiento que requiera el uso de herramientas eléctricas (ej. soldadura, corte, etc.)	X	X	X	X	X
Trabajo de mantenimiento que requiera el uso de herramientas manuales (ej. taladro, etc.)	X	X	X	X	X
Trabajo de mantenimiento que requiera el uso de herramientas manuales (ej. taladro, etc.)	X	X	X	X	X
Trabajo de mantenimiento de cableado eléctrico	X	X	X	X	X
Trabajo de mantenimiento	X	X	X	X	X

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

#### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación.

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación.

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No. 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020, México, D.F.

Surfago Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco - Rúbrica.

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO,  
Presidente del Comité Consultivo Nacional de

Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

### CONSIDERANDO.

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado el Anteproyecto Norma Oficial Mexicana NOM-STPS- No 010 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicará como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación.

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publica el siguiente

Proyecto de Norma Oficial Mexicana: NOM-010-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

#### Objetivo.

Establecer medidas para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas que por sus propiedades, niveles de concentración y tiempo de acción sean capaces de contaminar el medio ambiente laboral y alterar la salud de los trabajadores, así como los niveles máximos permisibles de concentración de dichas sustancias, de acuerdo al tipo de exposición.

#### Campo de aplicación.

La presente NOM-STPS- debe aplicarse en todos los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral

## 2. Referencias.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 123 Apartado "A" fracción XV

Ley Federal del Trabajo artículos 512 y 527.

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Octavo, Capítulo I

## 3. Requerimientos.

### 3.1 Los patrones deben

3.1.1 Adoptar medidas preventivas tomando en cuenta la naturaleza del trabajo y en su caso lo siguiente

A) Las características físico-químicas y toxicológicas de las sustancias

B) Las características de las fuentes generadoras

C) Las características, la naturaleza, el tiempo y la frecuencia de la exposición de los trabajadores a dichas sustancias.

3.1.2 Efectuar el reconocimiento, la evaluación y el control necesario para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos.

3.1.3 Llevar, conservar, mantener actualizado y mostrar a las autoridades competentes el registro de los niveles de concentración de las sustancias químicas a que se refiere esta NOM-STPS-, de acuerdo a la información establecida en el Anexo No. 1 del mismo, a fin de adoptar las medidas de seguridad e higiene tendientes al control de la exposición a dichas sustancias.

3.1.4 Elaborar los procedimientos de salud, seguridad e higiene para los trabajadores que estén expuestos a las sustancias químicas

3.1.5 Informar a los trabajadores de las posibles alteraciones en su salud por la exposición a las sustancias químicas contaminantes del ambiente laboral.

3.1.6 Adiestrar y capacitar a los trabajadores y a los miembros de la comisión mixta en los procedimientos de seguridad y medidas preventivas para proteger su salud frente a los riesgos específicos.

3.1.7 Señalar con avisos de seguridad, los locales de almacenamiento y las zonas de exposición a dichas sustancias. Los avisos deberán ser colocados en lugares visibles y ajustarse, en general a la Norma Oficial Mexicana, en vigor

### 3.2 Los trabajadores deben

3.2.1 Colaborar en las medidas de evaluación y observar las de control que se establezcan en los

centros de trabajo donde desempeñen sus actividades

3.2.2 Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionada por el patrón

3.2.3 Usar el equipo de protección personal dotado por el patrón

#### 4. Requisitos.

##### 4.1 Del reconocimiento

4.1.1 El reconocimiento de las sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral deberá contener:

A) Identificar el o los contaminantes

B) Conocer las características físico-químicas, la toxicidad de las sustancias y las alteraciones que éstas puedan producir a la salud de los trabajadores

C) Identificar las fuentes generadoras

D) Delimitar las zonas donde existe el riesgo de exposición

E) Determinar el número de trabajadores potencialmente expuestos

F) Determinar la instrumentación y el método de muestreo

##### 4.2 De la evaluación

4.2.1 Efectuar la evaluación por medio del muestreo y cuantificar periódicamente los niveles de concentración, aplicando los métodos e instrumentos que señalen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes que se hubieren publicado o en ausencia de éstas, se permite utilizar los procedimientos que los avances de la tecnología recomienden, previa autorización de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social quien establecerá los requisitos y determinará en 15 días hábiles la autorización

4.2.2 Cuando la exposición laboral de los trabajadores esté sujeta a la acción de dos o más sustancias de las relacionadas en la tabla No 1 de esta NOM-STPS, la exposición a la mezcla deberá considerar lo establecido en el apéndice d, de la tabla No 1

##### 4.3 Del control

4.3.1 Cuando las sustancias químicas contaminantes rebasen los niveles máximos permisibles de concentración, considerando el tipo de exposición, referidos en la Tabla No 1, que forma parte de la presente NOM-STPS, para todos los efectos correspondientes, se aplicará, en su orden las medidas siguientes

A) Modificar o sustituir las sustancias que están alterando el medio ambiente de trabajo, capaces de causar daño a la salud de los trabajadores por otras sustancias que no lo causen

B) Reducir al mínimo las sustancias químicas contaminantes

C) Efectuar las modificaciones en los equipos o en los procedimientos de trabajo

4.3.2 Cuando por la naturaleza de los procesos productivos del centro de trabajo, no sea factible reducir las sustancias a los límites permisibles, se adoptará, en su orden, alguna de las medidas siguientes

A) Aislar las fuentes de contaminación en los procesos, los equipos o las áreas

B) Aislar a los trabajadores.

C) Limitar los tiempos y frecuencias en que el trabajador esté expuesto a las sustancias químicas contaminantes

D) Dotar a los trabajadores del equipo de protección específico al riesgo. En la selección de este el patrón deberá considerar los niveles de atenuación del mismo, con el propósito de que las concentraciones medias a que exponga al trabajador no rebasen los niveles máximos previstos en la Tabla No 1

4.3.3 Los niveles máximos permisibles de concentración a que puedan estar expuestos los trabajadores, son los señalados en la Tabla No 1 la que indica 3 diferentes categorías de concentración

A) La Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT);

B) La Concentración para la Exposición a Corto Tiempo (CCT)

C) La Concentración Pico (P)

4.4 Las Autoridades del trabajo, los patrones y los trabajadores promoverán mediante exámenes médicos iniciales y periódicos, el mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores que vayan a estar o estén expuestos a las sustancias químicas contaminantes. Dichos exámenes se llevarán a cabo de acuerdo con la exposición de cada caso

4.5 La Secretaría del Trabajo y Previsión Social escuchando la opinión de los sectores involucrados y con base en las experiencias disponibles y adecuadas, realizará investigaciones y los estudios necesarios para actualizar los niveles máximos permisibles a que se refiere la Tabla 1, así como establecer los correspondientes a sustancias

químicas nuevas de efectos nocivos para la salud de los trabajadores

#### 5. De los centros de trabajo de nueva creación.

5.1 Los centros de trabajo de nueva creación deberán ser planeados instalados organizados y puestos en funcionamiento de modo que la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas no exceda los niveles máximos permisibles provistos en la Tabla No 1

#### 6. Definiciones.

##### 6.1 Contaminantes del ambiente

Todo agente físico y elemento o compuesto químico o biológico capaz de alterar las condiciones del ambiente en el centro de trabajo y por sus propiedades, concentración nivel o tiempo de acción pueda alterar la salud de los trabajadores

##### 6.2 Nivel máximo permisible

Se refiere a la concentración máxima de un elemento o compuesto químico que no debe superarse en la exposición a los trabajadores, considerando sus tres categorías

A) La Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT), para 8 horas de exposición diaria y a la cual la mayoría de los trabajadores expuestos no presenta efectos adversos a su salud

B) La Concentración para Exposición a Corto Tiempo (CCT), en la cual el tiempo no deberá exceder de 15 minutos, hasta 4 veces por jornada y con periodos de no exposición de al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas, en todo caso la concentración promedio ponderada en el tiempo para la exposición total que incluya exposiciones cortas, no deberá exceder a la prevista para 8 horas de exposición diaria

C) La Concentración Pico (P), es la concentración que no debe excederse en ningún momento durante la exposición en el trabajo

Dichas concentraciones pueden expresarse en ppm y/o mg/m<sup>3</sup> y cuya relación sigue la ecuación siguiente

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{24.45}{\text{PM}} \times \frac{760}{\text{P}} \times \frac{\text{T}+273}{298}$$

Donde

P= Presión de la atmósfera laboral en mm Hg.

T= Temperatura de la atmósfera laboral en °C

PM= Peso molecular de la sustancia en cuestión

760= Presión Normal (mm Hg)

298= Temperatura Normal (K)

24.45= Volumen Molar (V<sub>m</sub>) a 25 °C y 760 mm Hg

##### 6.3 Polvo respirable

Para los efectos de la presente NOM-STPS, los polvos respirables se consideran como la fracción del total de los polvos que pasan a través de una ciclón prescrito y que incluyen partículas hasta de 5 µm de tamaño

##### 6.4 Piel

Esta denominación agregada a algunas sustancias del listado indica que el elemento o compuesto es capaz de penetrar al organismo por simple contacto con la piel. Este efecto debe ser tomado en cuenta, ya que cuando tal hecho ocurre el nivel de concentración máxima permisible propuesto puede ser invalidado por la contribución del ingreso a través de la piel incluyendo membranas mucosas y ojos

#### 7. Bibliografía.

Threshold Limit Values - For Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices - By for American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Pocket Guide to Chemical Hazards - National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social

#### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere al artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020, México, D.F.

Sufragio Efectivo No Reelección

México, D.F., a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres - El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco - Rúbrica

T A B L A N O .

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

EN EL AIRE, EN AMBIENTES DE TRABAJO

PARA EXPOSICIÓN LABORAL

CCP = CONCENTRACIÓN PROMEDIO EN EL TIEMPO DE MENOS DE EXPOSICIÓN.  
 CCV = CONCENTRACIÓN PARA EXPOSICIÓN DE CORTO TIEMPO  
 CC = CONCENTRACIÓN MÁXIMA.

No.	CONTAMINANTE	CCP			CCV		
		mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppb	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppb
1	AHATE	-	10	-	-	20	-
2	ACEITE MINERAL NEUTRO	-	5	-	-	10	-
3	ACEITES VEGETALES NEUTROS	-	10	-	-	20	-
4	ACETALDEHIDO	100	100	-	150	270	-
5	ACETATO DE ETANO (METILGLICOL)	25	120	-	75	170	-
6	ACETATO DE ETILO	400	1430	-	-	-	-
7	ACETATO DE ISOPRILE	100	525	-	125	655	-
8	ACETATO DE ISOBUTILE	150	750	-	187	975	-
9	ACETATO DE ISONOPRILE	250	950	-	310	1185	-
10	ACETATO DE METILE	200	610	-	250	760	-
11	ACETATO DE N-BUTILE	100	530	-	150	790	-
12	ACETATO DE N-PROPILE	200	840	-	250	1050	-
13	ACETATO DE N-HEXILE	150	710	-	200	950	-
14	ACETATO DE SEC-AMILE	125	670	-	150	790	-
15	ACETATO DE SEC-AMILE	200	950	-	250	1190	-
16	ACETATO DE SEC-HEXILE	50	300	-	-	-	-
18	ACETATO DE TERCIARILE	200	950	-	250	1190	-
19	ACETATO DE VINILE	10	30	-	30	60	-
17	ACETILENO	C	-	-	-	-	-
20	ACETONA	1000	730	-	1700	1000	-
21	ACETONITRILE	40	70	-	60	105	-
22	ACIDO ACETICO	10	25	-	15	37	-
23	ACIDO BROMICO	5	7	-	-	-	-
24	ACIDO CLORICO	-	1	-	-	3	-
25	ACIDO HIPOCLORICO	2	5	-	6	10	-
26	ACIDO OSALICO	-	1	-	-	2	-
27	ACIDO SULFURICO	-	1	-	-	-	-
28	ACIDO TETRAFLUORICO	1	5	-	-	-	-
29	ACIDO TRICLOROACETICO	-	0.1	-	-	-	-
30	ACRILONITRILE	-	0.1	-	-	-	0.5
31	ACRILATO DE BUTILE	10	25	-	-	-	-

No.	CONTENIENTE	CPT		CCT	
		ppm (a)	ng/m <sup>3</sup> (b)	ppm (c)	ng/m <sup>3</sup> (d)
32	ACRILATO DE ETILO	5	34	25	100
33	ACRILATO DE 2-HIDROXIPROPILO	0.5	3		
34	ACRILATO DE METILO	10	35		
35	ACRILONITRILLO	2 A.2	4.5 A.2		
36	ACROLEINA	0.1	0.25	1.1	0.3
37	ACRORAS	100	500		
38	ALCOHOL SINTETICO	2	12		
39	ALCOHOL ALILICO	2	5	4	10
40	ALCOHOL BUTACENICO	50	240	75	300
41	ALCOHOL ETILICO	1000	1900		
42	ALCOHOL FURFURILICO	10	40	15	60
43	ALCOHOL ISOBUTILICO	100	160	125	450
44	ALCOHOL ISOBUTILICO	50	150	75	225
45	ALCOHOL ISOPROPILICO	400	900	500	1725
46	ALCOHOL METILICO	200	300	250	310
47	ALCOHOL N-BUTILICO	50	150		
48	ALCOHOL SEC-BUTILICO	100	305	150	425
49	ALCOHOL TERCIARIO	100	300	150	450
50	ALUMINIO	-	0.25	-	0.75
51	ALUMINIO	-	0.2	-	0.5
52	ALUMINIO	-	0.1	-	
53	ALUMINIO ALUMINOS	-	2	-	
54	ALUMINIO	-	5	-	
55	ALUMINIO METAL / OXIDO	-	10	-	20
56	ALUMINIO SALES SULFATEL	-	2	-	
57	ALUMINIO	-	5	-	
58	2-AMINO ETANOL	2	0		
59	4-AMINODIFENIL	0.1	0.2		0.1
60	AMONIAO	25	10	35	27
61	AMONIAO ACETICO	-	20	-	
62	AMONIAO TIOLICO	1	0	1	24
63	AMONIAO NITRICO	0.25	-	-	
64	AMONIAO	0.1	0.5	-	
65	ANILINA Y DERIVADOS	2	10	5	20
66	ANTIMONIO Y COMPUESTOS	-	0.5	-	
67	ATRAZINA	-	0	-	
68	AVUL	-	0.1	-	0.3
69	ASBESTATO DE CALCIO	-	-	-	
70	AVUL	0	0	-	
71	ASBESTATO DE PLOMO	-	0.15	-	0.15
72	ASBESTATO	-	0.2	-	
73	ASBESTO	0.05	0.2	-	
74	ASBESTOS	0.1	0.1	-	
75	ASFALTO	-	5	-	10

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)
76	BARIO (compuestos solubles en H <sub>2</sub> O)	-	0.5	-	-
77	BENCENO	10 A.2	30 A.2	25 A.2	75 A.2
78	BENCIDINA (sólida)	A.3	A.3	A.3	-
79	BENZIL	0.8	10	1.3	15
80	p-BENZOLINA	0.1	0.4	-	-
81	BENZIL	-	0.002 A.2	-	-
82	BIFENIL	0.2	1.5	0.6	4
83	BREAS	-	0.1	-	-
84	BREAS DE CARBÓN Y MOLIBDENO POLICICLICAS, PARTICULAS	-	0.002 A.1	-	-
85	BROMACIL	1	10	2	20
86	BROMO	0.1	0.7	0.3	2
87	BROMOCLORO RETANO (sólido blanco retardo)	200	1050	250	1300
88	BROMOFORO (sólido)	0.5	5	-	-
89	BROMURO DE BILIO	200	690	250	1110
90	BROMURO DE HIDROGENO	3	10	-	-
91	BROMURO DE NITRIL	15	20	15	60
92	BUTADIENO 1,3-DIISOPRENO	1000	2000	1250	2750
93	BUTANO	800	1900	-	-
94	2-BUTANONA	200	590	-	-
95	BUTANOL (sólido, no aromático)	0.5	1.5	-	-
96	BUTILAMINA (sólido)	5	15	-	-
97	n-BUTIL LACTATO	5	25	-	-
98	2-BUTOXIETANOL (sólido, no aromático, no halógeno)	20	120	75	300
99	CADMIO, FOLPES, SALES (sólido Cd)	-	0.05 P	-	0.2
100	CAL	-	3.1	-	-
101	CANFOR	-	2	-	10
102	CANFENO CLORADO	-	0.5	-	-
103	CADLIN	-	-	E.1	20
104	CAPROLACTAMA:	-	-	-	-
- POLVO	-	1	-	-	3
- ANFOR	5	20	10	40	
105	CAPRIL	-	3.1	-	-
106	CAPRINA	-	5	-	15
107	CAPRIL	-	5	-	10
108	CARBUJANO	-	3.1	-	-
109	CARBONATO DE CALCIO	-	3.1	-	20
110	CARBONO DE SÍLICIO	-	3.1	-	20
111	CATECOL	5	20	-	-
112	CELULOSA	-	3.1	-	20
113	CEMENTO PORTLAND	-	3.1	-	-
114	CEFENO	0.5	3.5	1.5	3
115	CINAMIDA	-	2	-	-
116	CINAMATO DE CALCIO	-	3.5	-	1
117	CINAMGEND	10	20	-	-

No. CONTAMINANTE	CPT		CCT	
	ppm(a)	µg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	µg/m <sup>3</sup> (b)
1181 CLORURO (como Cl)	-	5		
1185 CLORURO DE HIDROGENO (ACIDO CLORHIDRICO)	10 P	13 F		
1226 CICLOHEXANONA	10	40		
1231 CICLOHEXANO	300	1050	375	1350
1272 CICLOHEXANOL	50	200		
1273 CICLOHEXANONA	50	200	100	400
1274 CICLOHEXENO	300	1015		
1281 CICLOPENTANO	75	300	150	400
1286 CLORURO	-	10	-	20
1287 CLORURO METILICO	1 P	3 P		
1288 CLORURO ESTERILIZADO (residuos de fumigación)	0.05	0.1		
1291 CLORURO (p.a.)	-	0.5	-	2
1291 CLORO	1	3	3	9
1331 CLOROFENILO (como Cl)	75	300		
1332 CLOROFENILO (DINITRO) (p.a.)	0.05	0.1		
1333 2-CLORO 1,3 BENCENO (ortoposol) (piel)	10	45		
1334 CLOROFENILO (piel)				
- 45 CLORO	-	1	-	2
- 50 CLORO	-	0.5	-	1
1335 CLOROFENILO (aer.)	1000	3500	1250	4375
1336 CLOROFENILO	50	205	75	430
1337 CLOROFORO (triclorometano)	10 A.2	50 A.2	50 A.2	225 A.2
1338 2-CLORO (triclorometil) ETILENO	20	100		
1339 1-CLORO 1-PROPANO	20	100		
1401 CLOROPICRINA	0.1	0.1	0.1	2
1411 CLORURO (piel)	50	250	75	375
1421 CLOROPICRINA (residuos, piel)	-	0.2		0.6
1431 CLORURO DE ALUMINO	1	3		9
1441 CLORURO DE AMONIO (aer.)	-	10		20
1451 CLORURO DE BROMURO	1	5		
1461 CLORURO DE CARBONO (residuos)	0.1	0.1		
1471 CLORURO DE ETILO	1000	2600	1250	3250
1481 CLORURO DE HIDROGENO (ACIDO CLORHIDRICO)	5	7		
1491 CLORURO DE METILENO (diclorometano)	100	350	500	1710
1501 CLORURO DE NITRICO	10	105	150	205
1511 CLORURO DE VINILO (aer.)	5	20	20	80
1521 CLORURO DE VINILO	10 A.1	20 A.1		
1531 CLORURO DE ZINC (aer.)	1	1		2
1541 COBALTO METAL, FOLIO, NUDO (como Co)	-	0.2		
1551 COBRE, NUDO, POLVO Y NIEBLA (como Cu)	-	0.2		
1561 COBREM (HCl, Cl)	-	0.1		
1571 CRAM, ASFECTADA	-	15		
1581 CRESOL, TODOS LOS ISOMEROS (p.a.)	5	22		
1591 CROMIUM	1	1		

No.	CONTENIENTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)
1601	GRANITO DE TOSQUITO (como Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> piel)	-	0.1	-	-
1611	GRANITO DE ZINC (como Cr)	-	0.05 A 2	-	-
1621	GRANITA (mineral de proceso como Cr)	-	0.05 A 1	-	-
1631	GRANO (COMPUESTOS DE Cr II y Cr III)	-	0.5	-	-
1641	GRANO (COMPUESTO SOLUBLE EN AGUA DE Cr VI)	-	0.5	-	-
1651	GRANO METAL	-	0.5	-	-
1661	GRANO, SALES SOLUBLES (cromicas y cromatos)	-	0.5	-	-
1671	CRISTALALCO	2	5	6	10
1681	CRISTALATE	-	5	-	20
1691	CUMENO (piel)	50	245	75	365
1701	CICLOHEPTAFLUORETANO	1000	1000	1250	1250
1711	CICLORURO DE PROPILDO (1,2 dicloropropano)	25	350	110	510
1721	CICLERIN (PIEL)	-	0.25	-	0.75
1731	CICLIZAMINA	10	30	25	75
1741	CICLIZANTRAMINA	1	1	-	-
1751	CICLIZALATO	-	5	-	10
1761	CICLIZAMINA	-	10	-	20
1771	CICLODIBROMOMETANO	100	650	150	1200
1781	CICLOPENTANO DE OXICENO	0.05	0.1	0.15	0.3
1791	CIFONATO	-	0.1	-	-
1801	CINACOLIBENCENO (Chloroquina)	-	2	-	-
1811	CIS-2-BUTILACETONA	25	150	-	-
1821	CISOCAMATO DE CIPENTILAMINA (SISTEMA DE CIPENTILAMINA)	0.02	0.2	-	-
1831	CISOCAMATO DE ISOPROPILO (piel)	0.01	0.09	-	-
1841	CISOPROPILO (piel)	5	20	-	-
1851	2,4 CISOCAMATO DE TOLUENO	0.02	0.14	-	-
1861	CISOTILACETONA (piel)	10	35	15	50
1871	CISOTILACETONA	10	13	-	-
1881	CISOTILACETONA N, 3-DICLOROTILACETONA (piel)	5	25	10	50
1891	CISOTILACETONA (sistema piel)	100	435	-	-
1891	2,5 CINETIL 4-HEPTENO (DIBUTILACETONA)	48	293	-	-
1911	1,1 CINETILINDAZINA (piel)	0.5 A 2	1 A 2	0.2	2 A 2
1921	CISOTILACETONA	10	30	20	60
1931	CISOTILACETONA	-	5	-	10
1941	CISOTILACETONA METILO	100	100	-	-
1951	2,4-c (2,4-DICLORO 2-INDACETONA)	-	10	-	20
1961	C.3.1. CICLORO (CINENIL TRICLOROETANO)	-	1	-	3
1971	C.3.1.2. (CICLORO) PIEL	0.10	1.5	-	-
1991	DECALONO (piel)	0.05	0.3	0.15	0.9
1991	DECENON (sistema piel)	0.01	0.1	0.03	0.3
2001	DICLORODIFENIL (piel)	10	50	-	-
2011	DICAZINON (piel)	-	0.1	-	0.3
2021	DICAZINON	0.2	0.4	-	-
2031	DICORANO	0.1	0.1	-	-

No.	CONTENENTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)
294	1,2 DICLOROETANO (s.e.l)	A.2		A.2	
295	2,2-DIBROMOETANO (s.e.l)	2	14	4	29
296	CICLOPENTANO DIFENIL FOSFO	-	12	-	29
297	DICLOROMETANO	5	30	-	-
298	DICLOROTRIFLUOROETANO	1000	1000	-	-
299	DICLOROFOSFÓRICO (s.e.l)	-	2.25	-	-
300	DICLOROMETILENO	0.1 P	2.4 P	-	-
301	o-DICLOROBENCENO	50	200	-	-
302	m-DICLOROBENCENO	25	450	110	675
303	DICLOROFLUOROETANO	1000	1050	1250	6200
304	1,2 DICLORO 1,1-DIFLUOROMETANO	-	2.2	-	0.4
305	1,1, DICLOROETANO	200	610	250	1010
306	1,2 DICLOROETANO	10	42	-	-
307	1,2 DICLOROETILENO	200	250	250	1000
308	DICLOROETANO FLUOROETANO	500	2100	-	-
309	1,3 DICLORO 1,1-DIFLUOROETANO	2	12	10	60
310	DICLOROBENCENO (todas las isómeros; pie)	0.15	1	0.5	3
311	DINITRATO DE ETILENGLICOL Y/O NITROGLICERINA (p.e.l)	0.05	2.2	0.1	0.6
312	DINITRO- <i>o</i> -CRESOL (s.e.l)	-	2.2	-	0.6
313	1,3-DINITROBENCENO (ocasional)	-	5	-	-
314	DINITROETILENO (pie)	-	1.5	-	5
315	DINITRO 2,4-DICRESOL (pie)	15	92	120	300
316	DINITRACION (de lazo; pie)	-	2.2	-	-
317	DINITRO DE AZUFRE	2	5	5	10
318	DINITRO DE CARBONO	5000	9000	15000	27000
319	DINITRO DE CLORO	0.1	2.2	0.3	0.9
320	DINITRO DE NITROGENO	3	5	5	10
321	DINITRO DE "STANIO" como Ti	-	-	E.1	20
322	DINITRO DE VANIL DICLOROETANO	10 A.2	60	A.2	300
323	DIOXET	-	2.5	-	-
324	DIOX. METILFENIL (di- <i>o</i> -DIFLUOROMETANO)	-	5	-	10
325	DIOXIFENAN	-	2	-	1
326	DIOXIFENAN (DISTETANO) (pie)	-	2.1	-	0.3
327	DIOXIFENAN DE CARBONO	10	30	-	-
328	DIOXIFENAN DE PROPILETANO	2	12	-	10
329	2,4-DIOXIFENIL- <i>o</i> -CRESOL	-	12	-	20
330	DIOXIN	-	12	-	20
331	DIOXIN (ESPECIAL)	-	3.1	-	20
332	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
333	DIOXIN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
334	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
335	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
336	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
337	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
338	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
339	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
340	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
341	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
342	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
343	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
344	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
345	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
346	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3
347	DIOXIFENAN (E.C.)	-	3.1	-	0.3

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	ug/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	ug/m <sup>3</sup> (b)
248	ESTEATO DE ZINC	-	3.1	-	29
249	EST.VINO	0.1	0.5	0.3	1.5
250	ESTRICHINA	-	0.15	-	0.45
251	ETANO	C	-	-	-
252	ETANOLAMINA	3	9	6	15
253	ETANOL (100% METANOL)	0.5	1	-	-
254	ETER DICLOROETILICO	5	30	10	60
255	ETER DICLOROETILICO 100%	0.1	0.5	-	-
256	ETER ETILICO (100% METANOL)	400	1200	500	1500
257	ETER ETILICO (90% 100%)	1	7	2	14
258	ETER ETILICO-DIFENILO MEZCLA (90% 100%)	1	7	-	-
259	ETER GLICIDIL ALILICO (100%, 100%)	5	22	10	44
260	ETER GLICIDIL n-BUTILICO (100%)	25	135	-	-
261	ETER GLICIDIL ISOPROPILICO (100%)	50	240	75	360
262	ETER ISOPROPILICO	250	1050	310	1320
263	ETER METIL N-PROPILENOGLICOL (100%)	100	60	-	-
264	ETIL AMIL CETONA (100% METIL-1-ETANOL)	25	130	-	-
265	ETILANINA	10	18	-	-
266	ETILENOGLICOL	100	435	125	515
267	ETIL BUTIL CETONA (100% 100%)	50	230	75	345
268	ETILEN CLOROHIDRINA (100% 100% ETANOL, 100%)	1	3	-	-
269	ETILEN DIAMINA (100% 100% 100%)	10	25	-	-
270	ETILENOGLICOL	-	-	-	-
	-PARTICULAS	-	10	-	20
	-WATER	50	125	-	-
271	ETILONRINA (100%)	0.5	1	-	-
272	ETILENO	C	-	-	-
273	ETILPERSUPTANO	0.15	2	2	3
274	n-ETIL N-PROPILOLA (100%)	20	95	-	-
275	ETON (100% 100%, 100%)	-	3.4	-	-
276	2-ETOKSI-ETANOL (100%)	50	185	100	370
277	2-ETOKSI-ETIL ACETATO (100% 100% 100% 100%)	50	270	100	540
278	p-FENIL ETANOL (100%)	-	3.1	-	-
279	FENIL ETILENO (100% 100% 100%)	50	215	100	425
280	FENIL FOSFINA	0.05	3.25	-	-
281	FENIL GLICIDIL ETER (100%)	10	60	-	-
282	FENIL N-PROPILOLA (100%)	5	20	10	45
283	FENIL N-PROPILANO	0.5	2	-	-
284	FENOL (100%)	5	19	10	38
285	FENOTERAZINA	-	5	-	10
286	FENILSULFON (100% 100%)	-	3.1	-	-
287	FERRON	-	10	-	20
288	FERR. AMONIO, PULV	-	1	-	3
289	FIERRO, SALES SOLUBLES (100% Fe)	-	1	-	2

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	µg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	µg/m <sup>3</sup> (b)
254	FLUOR	1	2	2	4
251	FLUOROPICLORATO DE SODIO (FASOD) (FASOD)	-	3.05	-	0.15
252	FLUORURO (FLUORURO)	-	2.5	-	-
253	FLUORURO DE CARBONILLO	2	5	5	15
254	FLUORURO DE HIDRÓGENO (FLUORURO DE HIDRÓGENO) (FLUORURO)	3	2.5	6	5
255	FLUORURO DE FOSFORILO	3	11	6	20
256	FLUORURO DE SULFURILO	5	20	10	40
257	FORMATO (FORMATO) (FORMATO)	-	3.05	-	0.2
258	FORMALDEHIDO	2 P	3 P	-	-
259	FORMICA	20	30	30	45
260	FORMATO DE ETILO	100	300	150	450
261	FOSFATO (FOSFATO) (FOSFATO)	0.31	3.1	0.03	0.3
262	FOSFATO DE DIBUTILO	1	5	2	10
263	FOSFINA	0.3	3.4	-	1
264	FOSFORO (FOSFORO)	-	3.1	-	0.3
265	FOSFORO, PENTACLORURO DE	0.1	1	-	1
266	FOSFORO, PENTASULFURO DE	-	1	-	1
267	FOSFORO, TRICLORURO DE	0.5	5	-	10
268	FOSFATO DE DIBUTILO	-	5	-	10
269	FOSFATO TRICLORURO DE	-	5	-	10
270	FURFURAL (FURFURAL)	2	3	10	40
271	GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) (GLP)	1000	600	1250	2250
272	GASOLINA (GASOLINA)	-	3.1	-	30
273	Glicerina, NIEBLA	-	3.1	-	-
274	Glicerol (GLICEROL) (GLICEROL)	25	75	100	300
275	GLUCARALDEHIDO	0.2	3.2	-	-
276	GRAFITO (GRAFITO)	-	3.1	-	-
277	GUTHION (GUTHION) (GUTHION)	-	3.2	-	-
278	HAFNIO	-	3.5	-	1.5
279	HEXANO (HEXANO)	-	-	-	-
280	HEPTANO (HEPTANO)	100	600	500	2000
281	HEPTACILO (HEPTACILO)	-	3.5	-	-
282	HIDRACINA (HIDRACINA)	0.1 A.2	3.1 A.2	-	2
283	HIDRÓXIDO DE CALCIO	-	5	-	-
284	HIDRÓXIDO DE CÉSIO	-	2	-	-
285	HIDRÓXIDO DE SODIO	-	2	-	-
286	HIDRÓXIDO DE TRICLOROETILENO (HIDRÓXIDO)	-	5	-	-
287	HIDRÓGENO	0	-	-	-
288	HIDRURO DE LITIO	-	3.025	-	-
289	HEXACLOROCICLOPENTADIENO	0.31	3.1	0.03	0.3
290	HEXACLORETANO (HEXACLORETANO)	10	100	-	-
291	HEXACLOROBUTADIENO (HEXACLOROBUTADIENO)	-	3.2	-	-
292	HEXATRIFLUORURO DE FOSFORO (HEXATRIFLUORURO)	0.1	3.2	0.3	2
293	HEXANO (HEXANO)	100	60	-	-

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)
134	Y OTROS ISÓMEROS	500	1000	1000	3000
135	2-HIDRINA (METILGLICOLAMINA, PEST)	5	20	-	-
136	HEXALUORURO DE SELENIO (LORO Se)	0.05	0.4	-	-
137	HEXALUORURO DE AZUFRE	1000	1000	1250	7500
138	HEXALUORURO DE TELUROO (LORO Te)	0.02	0.2	-	-
139	HEXONA (METIL ISOPROPILAMINA, PEST)	50	203	-	-
140	HEXILÉO GLICOL	25	125	-	-
141	FUMOS DE SULFADURA	-	5	-	-
142	INDOL	10	45	15	70
143	INDIO Y COMPLEJOS (LORO In)	-	0.1	-	0.3
144	ISODROMA	5	25	-	-
145	ISOPROPILAMINA	5	12	10	24
146	ISOPROPIL FENIL METIL CARBONATO	-	0.05	-	2
147	LINDANO (PEST)	-	0.5	-	1.5
148	MOEDA, PULVO MOEDA DURA	-	1	-	-
149	MOEDA SUAVE	-	5	-	10
150	MOQUISITA	-	0.1	-	20
151	MALONTO (PEST)	-	10	-	-
152	MANGANESO Y COMPLEJOS (LORO Mn)	-	5 F	-	-
153	MANGANESO, MOO (LORO Mn)	-	1	-	3
154	MERCURIO (COMPLEJOS DE ALCOHOLAMINAS) (LORO Hg)	-	0.01	-	0.03
155	MERCURIO (LORO SULFONOS Y OTROS ALCOHOLOS) (LORO Hg)	-	0.05	-	-
156	METANO	C	-	-	-
157	METANOL 1 (METIL METILAMINA)	0.5	1	-	-
158	METILMISISTOS (PEST)	-	0.2	-	0.6
159	METIL-ACETILNITRILLO (PEST)	1	3	2	6
160	METIL-ACETILNITRILLO-FRUPRILATO (PEST) (LORO N)	1000	100	1250	2250
161	METILACETILENO	1000	150	1250	2000
162	METILAL (ISOPROPILAMINA)	1000	1000	1250	3000
163	METIL-AMILICETONA (ISOPROPILAMINA)	50	235	100	465
164	METILAMINA	10	12	-	-
165	METIL 2,3 (LORO METILAMINA)	0.01	0.11	-	-
166	4,4-METILEN BIS (LORO ISOPROPILAMINA)	0.02	0.22	0.2	0.2
167	METILEN-BISFENIL-ISOCIANATO (PEST)	0.02	0.2	-	-
168	METIL CILICHEXANOL	400	100	500	2000
169	METIL CILICHEXANOL	50	235	75	350
170	METIL CLORURO (LORO METILAMINA)	350	600	450	2150
171	o-METILPCLORANONA (LORO N)	50	20	75	305
172	METIL CILICHEXANOL METIL CARBONIL MANGANESO (LORO Mn)	-	0.2	-	0.6
173	m-METILESTIRENO	50	240	100	405
174	METIL 2-CIANOL ACORILATO	2	3	4	16
175	METIL 2-PICOL (LORO N)	-	0.5	-	1.5
176	METIL-ETIL CETONA (LORO N)	200	500	300	805
177	METILFENOL 1,4	100	250	150	375

No. COMPONENTE	CPT		CCT	
	ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)
178) METIL ISOCIBUIL CETONA (acetona, alil...)	100	10	75	700
179) METIL ISOCIBUATO (acetona)	0.02	0.25		
180) METIL ISOCIBUIL CARBONATO (acetona, alil, metilacetato, alil...)	25	100	40	165
181) METIL METACRILATO	100	110	125	510
182) METIL ISOCIBUIL CETONA	100	105		
183) METIL PIRACETON (acetona)	-	0.2	-	0.5
184) METONIL (acetona)	-	7.5		
185) METACRILATO	-	10		
186) 2-METOXIETANOL (acetona)	25	80	35	120
187) MOLIBDENO (acetona, metilacetato, alil...)				
- SOLUBILES	-	5	-	10
- INSOLUBILES	-	10	-	20
188) MONOCLORURO (acetona)	-	0.25		
189) MONOMETIL ANILINA (acetona)	2	9		
190) MONOMETIL HIDRACINA (acetona)	0.2 P.A.2	0.25 P.A.2		
191) MONOCLORURO DE ACETILO	1	5	3	10
192) MONOXIDO DE CARBONO	50	55	40	400
193) MORFOLINA (acetona)	20	70	30	105
194) N-NITRO ANILINA	-		0.2	0.3
195) NITRALENO	10	50	15	75
196) NEMA	0			
197) NEGRO DE HUMO (acetona, metilacetato, alil...)	-	1.5	-	1
198) NICOTINA (acetona)	-	0.5	-	1.5
199) NIQUEL CARBONIL (acetona)	0.05	0.25		
200) NIQUEL (acetona, metilacetato, alil...)	-	0.1	-	0.3
201) NIQUEL, METAL	-	1		
202) NIQUEL, SULFURO DE (acetona, metilacetato, alil...)	-	1	0.1	
203) p-NITRO ANILINA (acetona)	1	5		
204) NITRO BENZENO (acetona)	1	5	2	10
205) p-NITRO CLORO BENZENO (acetona)	-	1		2
206) NITRO CLORO METANO (acetona, metilacetato, alil...)	0.1	0.7		
207) n-NITRO CLORURO	0.3	0.3		0.3
208) NITRO ETANO	100	300	150	465
209) NITRO GLICERINA	0.05	0.5	1	1
210) NITRO GLICERINA	100	250	150	375
211) 1-NITRO PROPANO	25	90	35	135
212) 2-NITRO PROPANO	25 A.2	90 A.2		
213) NITROBENZENO	5	20	13	40
214) NITROSO	200	1250	250	1300
215) NITROGENO DE ETILAMINA	5	25		
216) OCTANOL (METALENO) (acetona)	-	0.1	-	0.3
217) OCTANO	300	1150	375	1000
218) OXIDO DE BORO	-	10	-	20
219) OXIDO DE COBOLTO (acetona, metilacetato, alil...)	-	0.25 P		

No. 1	CONSTITUYENTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	µg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	µ/m <sup>3</sup> (b)
420	OXIDO DE COBALTO PRODUCCION (1000 Co)	-	0.15 A2	-	-
421	OXIDO DE COBALTO	-	7	-	-
422	OXIDO DE BISMUTO CLORURO	-	0.5	-	2
423	OXIDO DE ESTIBO	1 A2	2 A2	-	-
424	OXIDO DE ESTADNO	-	0.1	-	20
425	OXIDO DE FOSFORO (1000 P)	-	5	-	10
426	OXIDO DE NIOBIO, NIOBATO (1000 Nb)	-	10	-	-
427	OXIDO NITRICO	25	10	25	45
428	OXIDO DE PROPILOXO (1000 P)	20	10	-	-
429	OXIDO DE ZINC, NIOBATO	-	5	-	10
430	OXIDO DE ZINC, PULVERES	-	0.1	-	-
431	OZONO	0.1	0.2	0.1	0.6
432	PANATINA, AMOS	-	7	-	-
433	PANATINA, AMOS (1000 PAN)	-	0.1	-	-
434	PANATINA PIEL	-	0.1	-	0.3
435	PARTICULAS POLICICLICAS DE HIDROCARBONOS AROMATICOS	-	0.02 A1	0.015	0.03
436	PENTACENO	0.05	0.31	0.015	0.03
437	PENTACENO DE FOSFORO (1000 P)	0.01	0.3	0.2	0.6
438	PENTACENO (1000 P)	-	0.5	-	1.5
439	PENTACENO BATALENO	-	0.5	-	1.5
440	PENTACENO (1000 P)	-	3.1	-	20
441	PENTACENO DE AZUFRE	0.025	0.25	0.015	0.25
442	PENTACENO DE BROMO	0.1	0.7	0.1	2
443	PENTANO	630	1300	250	2250
444	PENTANO	230	700	-	-
445	PERCLOROETILENO (1000 P)	130	570	200	100
446	PERCLOROETILO MERCAPTANO	0.1	0.3	-	-
447	PEROXIDO DE BENCENO	-	5	-	-
448	PEROXIDO DE HIDROGENO	1	1.5	2	1
449	PEROXIDO DE METIL ETIL CETANO	4.2	1.5	-	-
450	PICUFEN	-	0	-	20
451	PICUFEN	-	5	-	10
452	PICUFEN	5	5	10	30
453	PILOXO (1000 P)	-	0.1	-	0.3
454	PLASTO DE PANIS	-	0.1	-	20
455	PLATA	-	-	-	-
456	PLATA	-	0.1	-	-
457	PLATA SOLUBLES (1000 Ag)	-	0.31	-	-
458	PLATINO (1000 Pt)	-	0.302	-	-
459	PLUMBO : PULVERES (INORGANICOS, MINIS Y PULVERES) (1000 Pb)	-	0.15	-	0.45
460	PLUMBO	-	1	-	-
461	PROPILENO	-	0	-	-
462	PROPILENO	230	500	250	625
463	PROPILENO (1000 P)	2	0.2	5	0.2

No. CONTAMINANTE	CPT		CCT	
	ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	mg/m <sup>3</sup> (b)
462) n-PROPILALDEHÍDO	25	195	40	170
463) GUILINA	0.1	0.1	0.1	1
464) FENOLICEL	10	45	20	99
465) SDA (SILICA)	-	1.5	-	-
466) FOSFO, METAL, AMOS Y POLVO (SILICATO DE ALUMINIO)	-	1	-	-
467) FOSFO, SALES SOLUBLES (SILICATO DE ALUMINIO)	-	0.20	-	-
468) FOSFOL	-	10	-	-
469) FOSFONO (PRODUCTO DE LAS REACCIONES DE LOS FOSFONOS DE ALUMINIO)	-	0.1	-	0.1
470) FOSFONO (SILICATO)	-	5	-	10
471) SODIUMOS	-	0.1	-	20
472) SELENIO COMPLETES (SILICATO DE SODIO)	-	0.2	-	-
473) SELENIO DE HIDROGENO (SILICATO DE SODIO)	0.05	0.2	-	-
474) SILANO (SILICATO DE ALUMINIO)	5	7	-	-
475) SILICATO DE CALCIO	-	0.1	-	-
476) SILICATO DE ESTILO	10	05	30	255
477) SILICATO DE METILO	1	5	5	30
478) SILICIO	-	0.1	-	20
479) SOLVENTE DE AIRE (SILICATO)	420	1500	-	-
480) SOLVENTE STOCKAGE (SILICATO)	120	520	200	1050
481) SUSTANCIAS (SILICATO)	-	0.2000	-	-
482) SULFATO DE OXIDILIO	0.1	0.5	0.2	-
483) SULFATO DE AMONIO	-	10	-	20
484) SULFETO	-	0.2	-	0.6
485) SULFURO DE HIDROGENO	10	14	15	21
486) TALCO, COMPUESTOS SOLUBLES (SILICATO DE ALUMINIO)	-	0.1	-	-
487) TANTALO	-	5	-	10
488) TELURO Y COMPUESTOS (SILICATO DE SODIO)	-	0.1	-	-
489) TELURO DE BISMUTO	-	10	-	20
490) TELURO DE BISMUTO (SILICATO DE SODIO)	-	5	-	10
491) TEMP (SILICATO)	0.004	0.25	-	-
492) p-TERFITAL TELURO	10	60	20	120
493) TERFENILES	0.5	5	-	-
494) TERFENILES HIDROCARBONOS	0.5	5	-	-
495) TERBORATES, SALES DE SODIO	-	-	-	-
- AMONIO	-	1.0	-	-
- DESHIDRATADO	-	0.0	-	-
- PENTAHIDRATADO	-	1.0	-	-
496) TETRABORURO DE ACEFENILO	1	15	1.5	20
497) TETRABORURO DE CARBONO	0.1	1.4	2.0	4
498) 1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUORETANO	500	410	625	5210
499) 1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DICLOROFENILANO	500	410	625	5210
500) TETRACLORO BIFENILO	-	2	-	4
501) 1,1,1,2-TETRACLORO ETANO	5	35	10	70
502) TETRACLORO ETILENO	200	1500	-	-

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)	ppm(a)	ng/m <sup>3</sup> (b)
583	TETRAFLUORURO DE CARBONO (líquido)	5 A.2	30 A.2	20 A.2	126 A.2
584	TETRAETILO DE PLOMO (líquido Pb), (líquido)	-	01	-	0.3
585	TETRAFLUORURO DE AZUFRE	0.1	0.1	0.1	1
586	TETRAHIDROFURO	200	500	250	735
587	TETRAHIDRURO DE CEBADILLO	0.2	0.5	0.4	1.0
588	TETRAETILO DE PLOMO (líquido Pb), (líquido)	-	0.15	-	0.5
589	TETRAMETIL SUCCINO NITRILÓ (líquido)	0.5	3	2	9
590	TETRAMETILO AETANO	1	0	-	-
591	TETRIL (2,4,6-TRINITROFENILNITRO-1,3,5-TRIAZINA), (líquido)	-	1.5	-	3
592	TETRAOXIDO DE OSMIO (líquido Os)	0.002	0.002	0.005	0.006
593	THURAN	-	5	-	10
594	4,4'-DICIS (2-TETRAFLUORO-4-CLORURO)	-	10	-	20
595	TOLUENO (líquido tolu)	100	375	150	550
596	o-TOLUIDINAS (líquido)	5 A.2	32 A.2	-	-
597	TOSILOXENO CÁMERO FLUORURO (líquido)	-	0.5	-	-
598	TRIBUTILO FOSFATO	0.2	2.5	0.4	5
599	TRIBROMURO DE BORO	1	10	3	30
600	TRICLORURO CICLOPENTADIENIL (ANAGRES) (líquido MeCl, líquido)	-	0.1	-	-
601	1,2,4-TRICLORO BENCENO	5	40	-	-
602	1,1,2-TRICLOROETANO (líquido)	10	45	20	30
603	1,1,1-TRICLOROETANO (líquido cloroetano)	350	1300	-	-
604	TRICLORO ETILENO	100	575	200	1050
605	TRICLORO FLUOROMETANO	1000	5500	1250	7000
606	TRICLORO NAFTELENO	-	5	-	10
607	1,2,3-TRICLORO PROPANO	50	300	75	450
608	1,1,2-TRICLORO 1,2,2-TRICLOROETANO	1000	1500	1250	9500
609	TRIFENILAMINA	25	100	40	160
610	TRIFENILOFOSFATO	-	3	-	6
611	TRIFLUORO MONOBROMO METANO	1000	6100	1200	7200
612	TRIFLUORURO DE BORO	1	3	-	-
613	TRIFLUORURO DE CLORO	0.1	0.4	-	-
614	TRIFLUORURO DE NITROGENO	10	30	15	45
615	TRIMETIL BENCENO	25	125	35	170
616	TRIMETIL FOSFATO	2	10	5	25
617	2,4,6-TRINITRO FENIL METILNITRAMINA (líquido)	-	1.5	-	-
618	2,4,6-TRINITRO FENIL (líquido nitrobenzénico, líquido)	-	0.1	-	0.3
619	2,4,6-TRINITROTOLUENO (líquido)	-	0.5	-	3
620	TRINITO CRESIL FOSFATO	-	0.1	-	0.3
621	TRIOXIDO DE ANTIMONIO (líquido antimonio, sólido Sb)	-	0.5	-	-
622	TRIOXIDO DE ANTIMONIO (líquido antimonio)	-	1 A.2	-	-
623	TRIOXIDO DE ARSENICO (líquido arsénico)	-	0.5 A	-	-
624	TRISFENIL Y COMPLEJOS (líquido V)	-	-	-	-
	- SOLUBLES	-	1	-	1
	- INSOLUBLES	-	5	-	10

No.	CONTAMINANTE	CPT		CCT	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
545	COBALTO		1.2		4.8
546	CANCRINOGENICO	50	1.75		
547	CANCRINOGENICO		2.5		
548	CANCRINOGENICO		1.1		
549	CANCRINOGENICO	50	1.4	100	45
550	CANCRINOGENICO	40	1.23	100	100
551	CANCRINOGENICO		2.1		3.1
552	CANCRINOGENICO	100	4.95	150	455
553	CANCRINOGENICO		2.1		
554	CANCRINOGENICO	5	2		
555	CANCRINOGENICO	0.1	0.1		
556	CANCRINOGENICO	0.1	1		
557	CANCRINOGENICO	0.6	1.9	1	3.9
558	CANCRINOGENICO	2 a 2	10 a 2	5 a 2	30 a 2
559	CANCRINOGENICO				
560	CANCRINOGENICO				
561	CANCRINOGENICO				

1) Partes de vapor y niebla, por medio de neblinas de agua condensadas para un volumen a 25°C a 100 mmHg, de presión  
 2) Para otros contaminados de la lista, por medio de neblinas de agua condensadas para un volumen a 25°C a 100 mmHg, de presión

Apéndice A Que forma parte de la tabla 1.

#### A Cancerígenos

A 1 Contaminantes potencialmente cancerígenos Microfibras de asbestos suspendidas en la atmósfera laboral 2 fibras/cm<sup>3</sup> de longitud > 5 µm y menor de 100 µm, espesor menós de 3µm.

Niveles máximos de  
concentración permisibles

Contaminante	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Breas de carbon y volátiles(hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas)	--	0.2
Cromita, mineral de proceso (cromato)	--	0.05
Cloruro de vinilo	10	20
Niquel sulfuro de, humos y polvos	--	1
Partículas policíclicas de hidrocarburos aromáticos como bencenos solubles	--	0.2

A 2 Cancerígenos potenciales para el hombre, basados en evidencias epidemiológicas limitadas.

Antimonio, trióxido de (producción)	--	1
Acrilonitrilo	2.0	4.5
Benceno	10	30
Berilo	--	0.002
Cadmio óxido de (producción) como Cd	--	0.05
Cloroformo	5	50
Cromatos de zinc (como Cr)	--	0.05
1,1 Dimetilhidracina (piel)	0.5	1.0
Dióxido de vinil ciclohexeno	10	60
Hidracina, piel	0.1	0.1

## **ANEXO No. 4**

# AMMONIA, anhydrous

AMA

<p><b>Common Synonyms</b> Liquid Ammonia</p>	<p><b>Classified compressed gas</b>      <b>Compressed gas</b></p> <p>Color and taste of water. Pungent, irritant odor (odor of product of fire)</p>	<p><b>Approved use</b></p> <p>Under contract with water and oxygen. Also referred to as: three liquid, and liquid ammonia. Water-soluble and colorless. Evaporating gas.</p> <p>See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p> <p>Relevant and complete MSDS pages: Hazard and safety and personal protective equipment.</p>
<p><b>Fire</b></p>	<p><b>Compressed</b> Under pressure, will contain breathing apparatus and other air containing breathing apparatus and other air.</p> <p>See 2.1 of this document.</p>	<p><b>Fire</b></p> <p>CALL FOR MEDICAL AID</p> <p>HAZARD INFORMATION OF SMALLER quantity in pressurized and three liquid state. See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p>
<p><b>Exposure</b></p>	<p><b>LIQUID</b> See 2.1 of this document.</p> <p>HAZARD INFORMATION OF SMALLER quantity in pressurized and three liquid state. See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p>	<p><b>Exposure</b></p> <p>HAZARD INFORMATION OF SMALLER quantity in pressurized and three liquid state. See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p>
<p><b>Water Pollution</b></p>	<p><b>HAZARD TO AQUATIC LIFE</b> IN VERY LOW CONCENTRATIONS may be harmful to a great extent.</p> <p>HAZARD TO AQUATIC LIFE IN VERY LOW CONCENTRATIONS may be harmful to a great extent.</p>	<p><b>Water Pollution</b></p> <p>HAZARD TO AQUATIC LIFE IN VERY LOW CONCENTRATIONS may be harmful to a great extent.</p>
<p><b>1. RESPONSE TO EMERGENCY</b> (See Response Methods Appendix)</p> <p>HAZARD INFORMATION OF SMALLER quantity in pressurized and three liquid state. See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p>	<p><b>2. LABEL</b></p> <p>1.1 Commodity: Anhydrous ammonia gas 2.2 Class: 2</p>	<p><b>1. RESPONSE TO EMERGENCY</b> (See Response Methods Appendix)</p> <p>HAZARD INFORMATION OF SMALLER quantity in pressurized and three liquid state. See MSDS for use and safety in liquid state. See 2.1 of this document.</p>
<p><b>3. CHEMICAL IDENTIFIERS</b></p> <p>3.1 CAS Commodity Class: Anhydrous 3.2 Formula: NH<sub>3</sub> 3.3 MSDS/MSD Appendix: 2.1-1005 3.4 DOT ID No.: 1085 3.5 CAS Registry No.: 7804-11-7</p>	<p><b>4. OBSERVABLE CHARACTERISTICS</b></p> <p>4.1 Physical State: Gas (compressed) 4.2 Color: Colorless 4.3 Odor: Pungent, irritating, pungent</p>	<p><b>3. CHEMICAL IDENTIFIERS</b></p> <p>3.1 CAS Commodity Class: Anhydrous 3.2 Formula: NH<sub>3</sub> 3.3 MSDS/MSD Appendix: 2.1-1005 3.4 DOT ID No.: 1085 3.5 CAS Registry No.: 7804-11-7</p>
<p><b>5. HEALTH HAZARDS</b></p>		
<p>5.1 Personal Protective Equipment: Gas tight chemical goggles, and extended breathing apparatus. Under water: Under water emergency shower and eye bath.</p> <p>5.2 Symptoms Following Exposure: Prolonged exposure to the gas causes the irritation, and permanent injury may result if proper protective measures are not taken. Severe eye irritation (corneal edema) occurs from direct contact with the liquid. Contact of the liquid with skin causes the liquid and then ammonia to irritate the skin.</p> <p>5.3 Treatment of Exposure: AMMUNITION: Move victim to fresh air and give artificial respiration if necessary. Oxygen may be useful. Observe for secondary effects and perform decontamination if indicated. See 2.1 OF THIS DOCUMENT for more information on handling ammonia for 15 min. Treat secondary effects as normal burn.</p> <p>5.4 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.5 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.6 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.7 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.8 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.9 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.10 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.11 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p>	<p>5.1 Personal Protective Equipment: Gas tight chemical goggles, and extended breathing apparatus. Under water: Under water emergency shower and eye bath.</p> <p>5.2 Symptoms Following Exposure: Prolonged exposure to the gas causes the irritation, and permanent injury may result if proper protective measures are not taken. Severe eye irritation (corneal edema) occurs from direct contact with the liquid. Contact of the liquid with skin causes the liquid and then ammonia to irritate the skin.</p> <p>5.3 Treatment of Exposure: AMMUNITION: Move victim to fresh air and give artificial respiration if necessary. Oxygen may be useful. Observe for secondary effects and perform decontamination if indicated. See 2.1 OF THIS DOCUMENT for more information on handling ammonia for 15 min. Treat secondary effects as normal burn.</p> <p>5.4 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.5 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.6 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.7 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.8 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.9 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.10 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.11 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p>	<p>5.1 Personal Protective Equipment: Gas tight chemical goggles, and extended breathing apparatus. Under water: Under water emergency shower and eye bath.</p> <p>5.2 Symptoms Following Exposure: Prolonged exposure to the gas causes the irritation, and permanent injury may result if proper protective measures are not taken. Severe eye irritation (corneal edema) occurs from direct contact with the liquid. Contact of the liquid with skin causes the liquid and then ammonia to irritate the skin.</p> <p>5.3 Treatment of Exposure: AMMUNITION: Move victim to fresh air and give artificial respiration if necessary. Oxygen may be useful. Observe for secondary effects and perform decontamination if indicated. See 2.1 OF THIS DOCUMENT for more information on handling ammonia for 15 min. Treat secondary effects as normal burn.</p> <p>5.4 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.5 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.6 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.7 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.8 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.9 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.10 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p> <p>5.11 First Aid: Wash with water. Do not use eye drops.</p>

<p><b>6. FIRE HAZARDS</b></p> <p>6.1 Flammable: Not flammable under conditions likely to be encountered.</p> <p>6.2 Flammable Limits in Air: 15.0% - 27.0%.</p> <p>6.3 Fire Extinguishing Agents: See list of gas or liquid in this document.</p> <p>6.4 Fire Extinguishing Agents: See list of gas or liquid in this document.</p> <p>6.5 Special Hazards of Combustion Products: Not pertinent.</p> <p>6.6 Specific Gravity: 0.6818.</p> <p>6.7 Specific Gravity: 0.6818.</p> <p>6.8 Electrical Hazard Class: 1 Group D.</p> <p>6.9 Burning Rate: 1 m/min.</p> <p>6.10 Additional Flame Temperature: Does not exist.</p> <p>6.11 Self-Heating: Not in Flammable Range (2.1).</p> <p>6.12 Flame Temperature: Does not exist.</p>	<p><b>10. HAZARD ASSESSMENT CODE</b> (See Hazard Assessment Handbook) A-B-C-E-L-M-N-O</p> <p><b>11. HAZARD CLASSIFICATIONS</b></p> <p>11.1 Code of Federal Regulations, Hazardous Gas</p> <p>11.2 GHS Hazard Rating for Bulk Gases Transportation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flam</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Health</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Env</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Explos</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Acute Tox</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Chronic Tox</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Other Chemicals</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Self Reaction</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>11.3 NFPA Hazard Classification</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Classification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Health Hazard (Short)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Flammability (Short)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reactivity (Short)</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Rating	Flam	1	Health	2	Env	2	Explos	2	Acute Tox	2	Chronic Tox	2	Other Chemicals	2	Self Reaction	2	Category	Classification	Health Hazard (Short)	2	Flammability (Short)	1	Reactivity (Short)	2
Category	Rating																										
Flam	1																										
Health	2																										
Env	2																										
Explos	2																										
Acute Tox	2																										
Chronic Tox	2																										
Other Chemicals	2																										
Self Reaction	2																										
Category	Classification																										
Health Hazard (Short)	2																										
Flammability (Short)	1																										
Reactivity (Short)	2																										
<p><b>7. CHEMICAL REACTIVITY</b></p> <p>7.1 Reactivity with Water: Does not react with water.</p> <p>7.2 Reactivity with Common Materials: Corrosive to metal and polymer surfaces.</p> <p>7.3 Stability During Transport: Stable.</p> <p>7.4 Reactivity with Common Materials: Corrosive to metal and polymer surfaces.</p> <p>7.5 Polymerization: Not pertinent.</p> <p>7.6 Inhibitor of Polymerization: Not pertinent.</p> <p>7.7 Water Ratio (Percent): Products: Does not exist.</p> <p>7.8 Reactivity Group: Does not exist.</p>	<p><b>12. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES</b></p> <p>12.1 Physical State at 15°C and 1 atm: Gas</p> <p>12.2 Molecular Weight: 17.03</p> <p>12.3 Boiling Point at 1 atm: -28.1°C = -23.6°F</p> <p>12.4 Freezing Point: -107.7°C = -161.9°F</p> <p>12.5 Critical Temperature: 132.4°C = 270.3°F</p> <p>12.6 Critical Pressure: 11.35 MPa = 163.8 atm</p> <p>12.7 Specific Gravity: 0.6818 at 20°C liquid</p> <p>12.8 Liquid Surface Tension: Not pertinent</p> <p>12.9 Liquid Water Intercalation Temperature: Not pertinent</p> <p>12.10 Vapor (Gas) Specific Gravity: 0.6</p> <p>12.11 Heat of Vaporization: 23.35 kJ/mol = 5.56 kcal/mol</p> <p>12.12 Latent Heat of Vaporization: 1423 Btu/lb = 327 cal/g = 13.7 x 10<sup>3</sup> J/kg</p> <p>12.13 Heat of Combustion: -762 Btu/lb = -440 cal/g = -185 x 10<sup>3</sup> J/kg</p> <p>12.14 Heat of Decomposition: Not pertinent</p> <p>12.15 Heat of Solution: -22 Btu/lb = -1.0 cal/g = -4.2 x 10<sup>3</sup> J/kg</p> <p>12.16 Heat of Polymerization: Not pertinent</p> <p>12.17 Limiting Value: Does not exist</p> <p>12.18 Limiting Value: Does not exist</p> <p>12.19 Heat of Vaporization: 11.3 kcal/mol</p>																										
<p><b>8. WATER POLLUTION</b></p> <p>8.1 Aquatic Toxicity: 2.5 ppm/L (acute) and 0.5 ppm/L (chronic)</p> <p>8.2 Water Quality: 100 ppm</p> <p>8.3 Biological Oxygen Demand (BOD): Not pertinent</p> <p>8.4 Food Class: Contamination Potential: None</p>	<p><b>9. SHIPPING INFORMATION</b></p> <p>9.1 Grades of Purity: Commercial, industrial, reagent-grade, electronic, and high-purity grades of more than 99.9%.</p> <p>9.2 Storage Temperature: Ambient to pressurized ammonia, low temperature for ammonia at atmospheric pressure.</p> <p>9.3 Handling: See 2.1 of this document for ammonia at atmospheric pressure.</p>																										
<p><b>NOTES</b></p>																											

## **ANEXO No. 5**

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS

NOMBRE DE LA EMPRESA

FECHA DE ELABORACION: 13/09/93

FECHA DE REVISION: 14/09/93

QUIMICA PURA DE LA ESCUELA  
TERRACRUZANA, S.A. DE C.V.

## SECCION I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: QUIMICA PURA DE LA HUASTECA TERRACRUZANA, S.A. DE C.V.

2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUN. AFEE

TELEFONO: (91794) 4-33-33  
FAX: (91794) 4-33-33

3.- DOMICILIO COMPLETO:

CALLE NO. EXTERIOR COLONIA C.P.  
Km. 55 CAFFETERA FED. FUERA RICA-TANFICO 794 EL JARDIN 32730

DELEG/MUNICIPIO LOCALIDAD O Poblacion ENTIDAD FEDERATIVA  
TENAPACHE ALAMO VERACRUZ

## SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1.- NOMBRE COMERCIAL: AMONIACO 3.- NOMBRE QUIMICO: AMONIACO  
NITRURO DE HIDROGENO

3.- FORMULA Y PESO MOLECULAR: NH<sub>3</sub> (17 g/mol) 4.- FAMILIA QUIMICA: NITRUROS

5.- SIMONINOS: GAS AMONIACO 6.- OTROS DATOS: PUREZA COMERCIAL MAYOR  
DE 99.5%

## SECCION III COMPONENTES RIESGOSOS

1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	2.- NO. CAS	3.- NO. NACIONES UNIDAS	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS
GAS PURO O CON ALTO GRADO DE PUREZA	7664-41-7	1005	NO CANCERIGENO NO TERATOGENICO
5.- DATOS DE TOXICIDAD	6.- CLASE DE RIESGO PRINCIPAL	7.- GRADO DE RIESGO (N.F.P.A.)	
TLV-TWA: 25 ppm TLV-STEL: 35 ppm TLV-C: 50 ppm IDLH: 500 ppm	* SALUD	7.1 SALUD	7.2 INFLAMABILIDAD: 7.3 REACTIVIDAD
		3	1 0

## SECCION IV PROPIEDADES FISICAS

1.- TEMPERATURA DE FUSION: °C: -77.7	1.- TEMPERATURA DE EMBLLETON: °C: -33.4
3.- PRESION DE VAPOR mmHg a 20: 5852.0	4.- DENSIDAD (20): g/ml y g/l: 0.72 kg/l
5.- DENSIDAD RELATIVA (AIRE = 1): 0.60	6.- SOLUBILIDAD EN AGUA: 7.- SOLUBLE EN AGUA
7.- REACTIVIDAD EN AGUA: NO REACTIVO	8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLORES: EFERVESCENTE INCOLO.
9.- VELOCIDAD DE VAPORACION (ETIL ACETATO = 1): 180	10.- PUNTO DE INFLAMACION: NO APLICABLE
11.- TEMPERATURA DE IGNICION: °C: 651	12.- PORCENTO DE INFLAMABILIDAD: 100
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (LFL): INFERIOR: 15.50	SUPERIOR: 21.00

SECCION V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION	
1.- MEDIO DE EXTINCION:	
NIEBLA DE AGUA: X	ESPUMA: X
ALON:	CO <sub>2</sub>
POLVO QUIMICO SECO:	OTROS:
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: TRAJE ENCAPSULADO DE NEOPRENO CON APARATO DE RESPIRACION AUTONOMO Y LINEA DE AIRE.	
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO: USE AGUA EN FORMA DE NIEBLA PARA DISPERSAR LOS VAPORES. ENFRIAR CON AGUA LOS RECIPIENTES EXPUESTOS AL FUEGO.	
4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES: FUENTES DE IGNICION EN ESPACIOS CONFINADOS. LA PRESENCIA DE ACEITE INCREMENTA EL TIEMPO DE FUEGO.	
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION: EMITE GASES TOXICOS (NO <sub>x</sub> ) Y AGUA EN FORMA DE VAOR.	

SECCION VI DATOS DE REACTIVIDAD	
1.- SUSTANCIA	
ESTABLE X	INESTABLE
2.- CONDICIONES A EVITAR: NO ALMACENAR CERCA DE HALOGENOS DEL CLORURO DE PLATA, AZIDA DE PLATA, METALES ALCALINOS Y ALCALINOTERROSOS, CON LOS QUE REACCIONA. NO USAR EN SU ALMACENAMIENTO ACCESORIOS DE COBRE, BRONCE O SUS ALERCIONES, LOS CORROS.	
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): INCOMPATIBLE CON: PLATA, ACETALDEHIDO, ACROLEINA, CLORITOS, ACIDO PICTICO, DICHLORURO DE ETILENO, FERRICIANURO DE POTASIO, HALOGENOS Y OXIDANTES FUERTES COMO FLUOR, Y AGUA OXIGENADA.	
4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS: NO APLICABLE.	
5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:	
PUEDA OCURRIR: X	NO OCURRE:
6.- CONDICIONES A EVITAR: EVITAR ALMACENAR CERCA DE ALMACENAMIENTOS DE OXIDO DE ETILENO, CON EL CUAL PUEDE POLIMERIZARSE.	

SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD		
VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTION ACCIDENTAL	NAUSEAS, MAREOS, DOLOR INTENSO. QUEMADURAS EN LABIOS Y BOCA.	NO BEBER SOLUCION DILUIDA DE VINAGRE. NO INDUCIR AL VOMITO. LLAMAR AL MEDICO INMEDIATAMENTE.
2.- CONTACTO CON LOS OJOS	IRRITACION INTENSA, QUEMADURAS.	IRRIGUE INMEDIATAMENTE LOS OJOS CON AGUA Y/O SOLUCION DE BORAX Y AGUA FORTIC POR 30 MINUTOS.
3.- CONTACTO CON LA PIEL	IRRITACION, ARDOR, QUEMADURAS CON AMONIACO LIQUIDO.	LAVE CON ABUNDANTE AGUA POR LO MENOS POR 15 MINUTOS QUITANDO TODA LA AGUA Y CALZADO CONTAMINADOS.
4.- ABSORCION	IRRITACION Y ARDOR.	LAVE CON ABUNDANTE AGUA Y/O SOLUCION DE BORAX Y AGUA FORTIC POR LO MENOS DURANTE 30 MINUTOS.
5.- INHALACION	IRRITACION, ARDOR, DIFICULTAD PARA RESPIRAR.	LLAMAR A LA PERSONA QUE AIRE ESPESO O QUINAR PARA CONTINUAR. FALLA LA RESPIRACION APLICAR PERF. ARTIF.
6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA:		
STPS (N6M-DIG-STPS) SI: NO: X OTROS (OSHA, ACGIH) SI: NO: X ESPECIFICAR: NO SE CONOCIA A NINGUN NIVEL DE CANCERIGENO.		

#### SECCION VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:

AISLAR EL AREA DE PELIGRO POR LO MENOS EN 15 M. MANTENERSE EN AREAS EN EL LADO CONTRA EL VIENTO RESPECTO AL PUNTO DE FUGA. MANTENERSE ALEJADO DE AREAS BAJAS Y ESPACIOS CONFINADOS. DETENER LA FUGA SI NO SE CORRE NINGUN RIESGO. EN CASO DE QUE UN CARBOTANQUE, AUTOTANQUE O RECIPIENTE ESTE INMERSO EN EL FUEGO CONSIDERAR UNA EVACUACION INICIAL DE 1500 M. UTILICE AGUA EN FORMA DE NIEBLA PARA REDUCIR EL VAPOR. AISLAR EL AREA HASTA QUE EL GAS SE HAYA DISPERSADO.

#### SECCION IX EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

##### 1.- ESPECIFICAR TIPO:

UTILIZAR TRAJE COMPLETO ENCAPSULADO, PAPA DE PROTECCION ESPECIAL, EQUIPO DE AIRE AUTOCONTENIDO. EN FUGAS Y DERRAMES USAR MASCARAS ESPECIALES PARA AMONACO, GANTES DE GUELO NEOPRENO.

##### 2.- PRACTICAS DE HIGIENE:

DESCONTAMINAR EL EQUIPO USADO. LAS PERSONAS QUE HAYAN TENIDO CONTACTO CON AMONACO DEBEAN LAVARSE CON AGUA Y/O SOLUCION DE BORAX Y ACIDO BORICO. PARA DESCONTAMINAR LAS AREAS AFECTADAS. SE LAVARAN LOS PISOS CON SOLUCION DE ACIDO ACETICO AL 1%.

#### SECCION X INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):

PARA EL TRANSPORTE DE AMONACO SE DEBERA CUMPLIR CON LO ESTABLECIDO EN EL CAP. III, TITULO IV DEL REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS. EN TRÁNSITO, LA UNIDAD DE TRANSPORTE DEBE CUMPLIR CON: 1) DOCUMENTOS DE EMBARQUE. 2) INFORMACION DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACION 3) DOCUMENTO QUE HACE LA INSPECCION TECNICA DE LA UNIDAD. 4) AUTORIZACION RESPECTIVA PARA EL CASO DE IMPORTACION Y EXPORTACION DE MATERIALES PELIGROSOS.

#### SECCION XI INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)

EL MANEJO DE AMONACO EN PLANTAS DE FABRICACION O EN TRANSPORTACION POR ENCIMA DE 10 KG. SE CONSIDERA ACTIVIDAD DE ALTO RIESGO Y SE DEBERA CUMPLIR CON LOS ACUERDOS ESTABLECIDOS ENTRE LA SECRETARIA DE GOBERNACION Y SEDUE. DEBIDO A QUE LA CANTIDAD MINIMA DE REPORTE ES DE 10 KG., LAS ACTIVIDADES DONDE SE MANEJE CANTIDAD IGUAL O MAYOR A ESTA, DEBEAN PRESENTAR ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA NUEVOS PROYECTOS Y ANALISIS DE RIESGO PARA PLANTAS EXISTENTES CONFORME A LA LEY GRAL. DE EQUIL. ECOL. Y PROT. AL AMBIENTE.

#### SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES (EN EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO)

ALMACENAR EN AREAS ALEJADAS DE MATERIALES COMBUSTIBLES Y BIEN VENTILADAS. NO EXPONER CILINDROS O RECIPIENTES A CALOR EXCESIVO. EVITE APOYARSE SOBRE LA TUBERIA QUE CONDUCE LIQUIDO O GAS. ELIMINE CUALQUIER VIBRACION EXCESIVA EN TUBERIAS. NUNCA CIERRE LA VALVULA DE UN RECIPIENTE LLENDO DE REFRIGERANTE A MENOS QUE ESTE CUENTE CON UNA VALVULA DE ALIVIO ADECUADA.

#### OTRAS PRECAUCIONES:

DISPONGA DE Llave DE EMERGENCIA, SALIDAS ADECUADAS. MASCARAS DE GAS Y RESERVISTOS DE CAPTIVOS DE MASCARAS. EN LOS SISTEMAS DE COMPRESION REVISE REGULARMENTE LA TEMPERATURA DE DESCARGA DEL COMPRESOR Y LA TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE. REALIZAR LOS TRABAJOS CONFORME A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS.

## **ANEXO No. 6**

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

#### CONSIDERANDO.

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado, el Anteproyecto Norma Oficial Mexicana NOM-STPS- No. 022. Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo;

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación,

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publica el siguiente:

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo.

#### Objetivo.

Establecer las medidas de seguridad para evitar los riesgos que se derivan por la generación de la electricidad estática.

#### Campo de aplicación:

La presente NOM-STPS- se aplica en los centros de trabajo donde por la naturaleza de los procedimientos se empleen materiales, sustancias y equipo capaz de almacenar cargas eléctricas estáticas.

#### 2. Referencias.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 123 apartado "A" fracción XV,

Ley Federal del Trabajo, artículo 512 y 527;

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Cuarto, Capítulo III, artículo 59,

Título Quinto, Capítulo II, artículo 70, Título Séptimo, Capítulo I artículo 124.

Reglamento Tipo de Seguridad en los Establecimientos Industriales, para Guía de los Gobiernos y la Industria, de la Organización Internacional del Trabajo

#### 3. Requerimientos.

##### 3.1 Para el patrón.

3.1.1 Está obligado a instrumentar los dispositivos de seguridad necesarios para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo por electricidad estática

3.1.2 Informar a los trabajadores y a la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de los riesgos que representa el contacto con la electricidad estática, así como capacitarlos en las técnicas para evitarlos

3.1.3 Adoptar medidas preventivas de acuerdo con

##### a) La naturaleza del trabajo

a) Características físico-químicas de las sustancias manejadas en el proceso y mantenimiento.

c) Las características físicas de la maquinaria en cuanto a temperatura de funcionamiento y ventilación.

d) Las características del ambiente en lo que se refiere a humedad, temperatura y estática.

3.1.4 Llevar un registro y mostrarlo a la Autoridad Laboral con las características siguientes

a) Registro semestral de los valores medidos de resistencia eléctrica

b) Croquis que indique los puntos de medición

c) Tipo de equipo para la evaluación

d) Procedimientos de muestreo de calibración.

3.1.5 Dotar a los trabajadores que estén expuestos a riesgos particulares creados por la manipulación de sustancias inflamables, explosivas o detonadoras de: ropa, calzado antiestático y herramientas para evitar riesgo de generación de electricidad estática.

#### 3.2 Para los trabajadores:

3.2.1 Es obligación del trabajador usar permanentemente equipo de protección personal proporcionado por el patrón en el lugar de trabajo, y

3.2.2 Participar en el adiestramiento y capacitación en materia de seguridad e higiene para abatir riesgos de trabajo por electricidad estática.

#### 4. Requisitos.

##### 4.1 De locales y edificios

4.1.1 Donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias explosivas, las paredes, pisos y techos deben ser de material tal que evite la generación y acumulación de cargas de electricidad estática.

4.1.2 Donde puedan existir atmósferas peligrosas en el ambiente laboral se debe dar cumplimiento en lo establecido en la NOM-STPS- No 016 Se tomará como precaución mantener la humedad relativa del aire entre 50 y 60 %, para

eliminar la acumulación de electricidad estática, exceptuando los valores mencionados en áreas de los centros de trabajo en donde por la naturaleza de las sustancias almacenadas y/o manejadas la humedad del aire represente un riesgo por la reacción que tienen dichas sustancias.

4.1.3 Todos los centros de trabajo, locales y tanques donde se almacenen sustancias inflamables, deberán estar dotados con protección de pararrayos contra descargas atmosféricas y sistema de tierras contra electricidad estática.

4.1.4 Donde se manejen, transporten o almacenen explosivos específicamente los de alta sensibilidad como en caso de la producción de fulminantes, deben quedar protegidos dentro del radio de acción con un sistema de pararrayos de tal manera que cubra toda el área expuesta al riesgo.

4.1.5 Donde se incluyan instalaciones metálicas que no estén destinadas a conducir la energía eléctrica, tales como cercas perimetrales, estructuras metálicas etc deben ser conectadas eléctricamente a tierra, cuando se localicen en áreas clasificadas como peligrosas.

#### 4.2 Maquinaria y equipo

4.2.1 El equipo y maquinaria metálicos que no estén destinados a conducir energía eléctrica, localizados en áreas clasificadas como peligrosas, deben ser conectados eléctricamente a tierra para la eliminación de la electricidad estática.

4.2.2 Cuando puedan saltar chispas entre las poleas y correas de tal manera que representen riesgo para los trabajadores, la acumulación de cargas de electricidad estática se reducirá utilizando las poleas antiestáticas por medio de cepillos metálicos conectados a tierra y emplazados si es necesario a ambos lados tan cerca como sea posible de las correas en el punto donde éstas salen de las poleas.

4.2.3 Cuando el equipo no esté eléctricamente conectado con los marcos de hierro, las partes sueltas del metal deben de ligarse al armazón estructural del edificio o a una barra de tierra. Todo el equipo tal como sopladores, bombas y vibradores, secadoras, motores etc deben tener una conexión individual y permanentemente puestos a tierra.

4.2.4 Donde por la naturaleza sea necesario elevar tambores horizontales sobre plataforma de las básculas para ser pesados, éstas deben ser conectadas eléctricamente a tierra para eliminar la electricidad estática que se pudiera acumular.

4.2.5 Todas las tuberías metálicas aéreas donde se transporten sustancias inflamables, así como sus accesorios, deberán ser puenteados y conectados eléctricamente a tierra para la eliminación de la electricidad estática.

4.2.6 En las instalaciones de pintura por pulverización los objetos metálicos que han de ser pintados o barnizados y las paredes metálicas de

las cabinas, cubículos, recipientes y el sistema de aspiración, serán conectados a tierra.

4.2.7 Donde se requiera llevar a cabo transvase de sustancias inflamables de un recipiente a otro, éstos deberán ser puenteados junto con los accesorios y dispositivos y a su vez conectados a la línea de tierra para eliminar la electricidad estática que se pudiera acumular.

4.2.8 Para eliminar la electricidad estática que es generada por el manejo de sustancias inflamables en la carga y descarga de los autotankers, carrotanques, éstos deberán ser conectados eléctricamente a tierra, así como sus accesorios y dispositivos que puedan acumular electricidad estática, deben ser puenteados y conectados a la línea de tierra.

4.2.9 Para evitar la generación de electricidad estática en los tanques de almacenamiento y recipientes, se deberá utilizar un tubo de descarga que esté en contacto con el fondo del recipiente o tanque de almacenamiento.

4.2.10 Los conductores de puenteo y de línea a tierra deben ser de una resistencia eléctrica máxima de 25 ohms. En el circuito de puesta a tierra donde se pudiera acumular en el mismo cargas de electricidad estática, la resistencia máxima será de 5 ohms, el circuito debe seguir el camino más corto posible a tierra; se debe inspeccionar periódicamente para verificar su buen estado y que estén correctamente conectados eléctricamente a tierra.

#### 5. Especificaciones.

##### 5.1 Para la selección de pararrayos:

Los tipos de pararrayos a utilizar pueden ser Franklin y/o reactivo en cualquiera de sus modalidades.

*Nota:* No deben emplearse los pararrayos cuyo principio de funcionamiento sea a base de materiales radiactivos.

5.2 Los factores a considerar para la determinación de tipo de pararrayos a emplearse serán:

- Nivel isocerámico
- Materiales a proteger
- Materiales empleados en la construcción del edificio o instalación.
- Características del terreno
- Altura del edificio en relación con las elevaciones adyacentes
- Lugares críticos del edificio o instalación.

#### 6. Definiciones

Cepillos metálicos

Instrumento que ayuda a eliminar la acumulación de las cargas de electricidad estática.

Carga:

Es la pérdida o ganancia de electrones en un material (carga positiva o carga negativa).

**Descarga.**

Es la transferencia de carga eléctrica, por conducción, en materiales de potencial eléctrico diferente.

**Electricidad estática**

Para efectos de la presente NOM-STPS, se entenderá como electricidad estática a la acumulación de carga eléctrica en un cuerpo.

**Puesta a tierra (o conexión a tierra)**

Acción y efecto de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo o de un circuito, en la forma y por los métodos establecidos en las normas técnicas para instalaciones eléctricas.

**Pararrayos de edificios o instalaciones:**

Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas que constituya un medio de conducir a tierra las descargas que inciden sobre los puntos más elevados de un edificio o de una estructura de cualquier tipo.

**Puenteo:**

Para efectos de la presente NOM-STPS, se entenderá como puenteo la interconexión eléctrica entre sí, de dos o más elementos, por medio de un conductor de baja resistencia.

**Sistema de tierra:**

Conjunto de conductores, electrodos, accesorios, etc. que interconectados eficazmente entre sí, tienen por objeto conectar a tierra las cubiertas y otras partes metálicas de los equipos eléctricos, así como aquellos elementos de la maquinaria y de los circuitos que así lo requieran.

**7. Bibliografía.**

Organización Internacional del Trabajo. Reglamento tipo de seguridad en los Establecimientos Industriales para Gula de los Gobiernos y la Industria, Capítulo V Equipo Eléctrico. Ginebra, 1950.

Manual de la Comisión Federal de Electricidad y de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro; Electricidad estática, normas para seguridad en las plantas.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

**TRANSITORIOS**

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación.

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estarán a su disposición los análisis a que se

refiere al artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación.

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No. 209, Barrio de Santo Tomas, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020, México, D.F.

**Sufragio Efectivo No Reelección**

México, D.F., a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres - El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco - Rúbrica.

**Anexo**

Este anexo presenta ejemplos para conectar a tierra, los dispositivos, equipos, maquinaria y demás elementos que así lo requieran, para evitar los riesgos que por electricidad estática se presenten en los centros de trabajo (no son limitativas).

En las operaciones industriales, es necesario utilizar conductores de puesta a tierra y puenteo de baja resistencia con objeto de obtener un margen apreciable de seguridad y reducir al mínimo el riesgo de daños por electricidad estática.

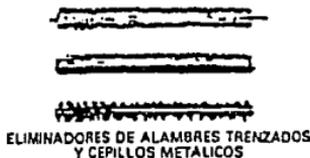
Debe tenerse en cuenta que las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestas a tierra con el objeto de evitar que éstos tengan un potencial mayor que el de tierra y en un momento dado representen riesgos para la persona.

Los conductores para los puentes de unión deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión y deben ser de una sección tal, que su capacidad de conducción no sea menor a la requerida para el conductor de puesta a tierra correspondiente.

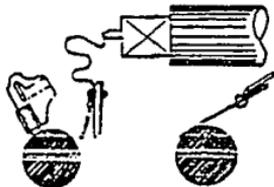
La conexión entre el conductor de puesta a tierra o los puentes de unión y los tubos, gabinetes, equipo, maquinaria, etc., que requiera ser puesto a tierra, lo cual debe hacerse por medio de zapatas, conectores de presión, abrazaderas u otros accesorios semejantes. No debe utilizarse ningún medio de conexión que incorpore uniones hechas con soldadura suave, como la de aleación de estaño.

Las abrazaderas u otros accesorios de conexión a tierra, a menos que sean destinados para uso general sin protección, deben colocarse donde no queden expuestos a daño mecánico, o bien protegerse por medio de una cubierta de metal, madera u otro material adecuado.

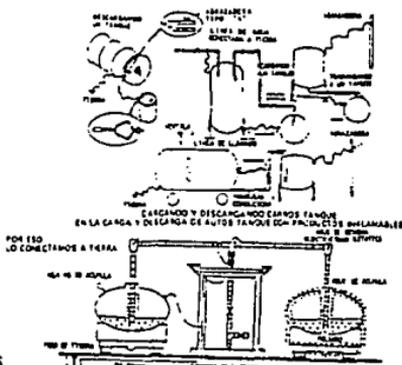
Cuando se utilicen recubrimientos protectores, tales como las pinturas o barniz en el equipo, en las tuberías, en los cables, etc., estos recubrimientos deben ser eliminados de las rosas y de otras superficies de contacto para asegurar una buena conexión eléctrica.



ELIMINADORES DE ALAMBRES TRENZADOS Y CEPILLOS METALICOS



METODOS PARA ATERRIZAR FLECHAS O RODILLOS



**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-023-STPS-1993, relativa a los elementos y dispositivos de seguridad de los equipos para izar en los centros de trabajo.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

#### CONSIDERANDO

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado, el Anteproyecto Norma Oficial

Mexicana: NOM-STPS- No. 023. Relativa a los elementos y dispositivos de seguridad de los equipos para izar en los centros de trabajo;

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación,

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publica el siguiente

Proyecto de Norma Oficial Mexicana: NOM-023-STPS-1993 Relativa a los elementos y dispositivos de seguridad de los equipos para izar en los centros de trabajo

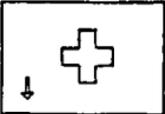
#### Objetivo.

Establecer las medidas y condiciones de seguridad en el centro de trabajo donde se manejen equipos para izar, para proteger a los trabajadores contra riesgos de trabajo.

#### Campo de aplicación.

La presente NOM-STPS- se aplica en los centros de trabajo donde por la naturaleza de los

## **ANEXO No. 7**

No.	Referencia	Contenido de Imagen	Ejemplo
5.-	Indica: La ubicación del botiquín de primeros auxilios.	Una cruz con flecha direccional.	
6.-	Indica: La ubicación de una regadera de emergencia.	Silueta humana, debajo de una regadera con flecha direccional.	
7.-	Indica: La ubicación de un lavavojos.	Cabeza humana inclinada sobre un chorro de agua. Con flecha direccional.	
8.-	Indica: Precaución corriente eléctrica.	Flecha quebrada en posición vertical hacia abajo.	

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS-1993, seguridad-código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice, Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto

en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

#### CONSIDERANDO.

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado el Anteproyecto Norma Oficial Mexicana NOM-STPS 028 Seguridad-Código de Colores para la Identificación de Fluidos conducidos en Tuberías.

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité considero correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación.

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publica el siguiente:

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS-1993, Seguridad-Código de Colores para la Identificación de Fluidos conducidos en Tuberías

#### 1. Objetivo.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece el código de colores que se debe utilizar para la identificación de fluidos conducidos en tuberías, para propósitos de seguridad en el trabajo. El código emplea un número limitado de colores

#### 2. Campo de Aplicación.

Los fluidos conducidos en tuberías deben ser identificados mediante el color básico y el color de seguridad, así como con información complementaria de acuerdo a lo que se establece en esta Norma Oficial Mexicana

#### 3. Referencias.

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-STPS-026 "Aplicación de los Colores en Seguridad"

NOM-STPS-027 "Símbolos y Dimensiones para Señales de seguridad"

#### 4. Definiciones.

Para los efectos de esta norma se establecen las definiciones siguientes.

##### 4.1 Fluidos

Son aquellas sustancias líquidas o gaseosas, que por sus características fisicoquímicas no tienen forma propia, sino que adoptan la del conducto que las contiene

##### 4.1.1 Fluidos Peligrosos

Se consideran así los fluidos que por sus características intrínsecas o de proceso, pueden ocasionar un riesgo de trabajo. Por ejemplo, Sustancias inflamables, inestables que puedan causar explosión, intoxicación, corrosión, toxicidad,

radiactividad, o que pudieran estar sometidas a elevada presión o a alta temperatura.

##### 4.2 Tuberías

Es el conducto formado por tubos, conexiones y accesorios instalados para conducir fluidos.

##### 4.3 Color Básico

Color que se utiliza para identificar la naturaleza y tipo de fluido.

##### 4.4 Color de Seguridad.

Color con que se indica la peligrosidad o uso del fluido.

##### 4.5 Información Complementaria

La información complementaria comprende una mayor información acerca de la naturaleza, características del fluido y precauciones relativas al proceso

#### 5. El código de colores consta de:

##### 5.1 El color básico.

##### 5.2 El color de seguridad

##### 5.3 La información complementaria.

#### 6. Utilización del código de colores.

Todas las tuberías que conduzcan fluidos, deben ser identificadas con el color básico, con el color de seguridad (en el caso de fluidos peligrosos) y con la información complementaria.

Nota: Cuando se utilice el color negro, siempre debe emplearse la información complementaria (véase 6.5), anotando claramente el nombre completo de la sustancia que se maneja.

#### 6.1 Los colores básicos son:

Verde	Agua en estado líquido
Gris Plateado	Vapor
Calé	Aceites minerales, vegetales y animales, combustibles líquidos
Amarillo Ocre	Gases licuados o en estado gaseoso (excepto aire)
Violeta	Ácidos y álcalis
Azul Claro	Aire
Negro	Otros líquidos

(Véase apéndice A-2).

#### 6.2 Aplicación del color básico.

La forma de aplicar el color básico, puede ser cualquiera de las siguientes opciones:

##### 6.2.1 Pintar la tubería a todo lo largo.

6.2.2 Pintar la tubería con bandas de 150 mm. de longitud como mínimo, incrementar ésta dependiendo del diámetro de la tubería, de tal forma que sean claramente visibles.

6.2.2.1 Ubicación de las bandas de identificación.

Las bandas se ubicarán en ambos lados de las conexiones, bandas, unión de soldadura, válvulas, accesorios, cambios de dirección, penetración y salidas de pisos y paredes, así como en aquellos otros lugares en donde la identificación de los fluidos es necesaria.

Nota: Las válvulas pueden pintarse del color básico, con la siguiente excepción: al usar el color rojo de seguridad en tuberías de agua o vapor para

función de incendio, las válvulas deben pintarse de rojo (véase 6.3).

### 6.3 Los colores de seguridad son:

Rojo	Para combatir incendios
Amarillo	Para advertir peligro
con franjas diagonales negras	
Azul	Auxiliar para identificar agua potable

(Véase apéndice A.2).

### 6.4 Aplicación del color de seguridad.

La aplicación del color de seguridad debe ser como sigue:

6.4.1 Pintando en bandas de por lo menos 100 mm. de longitud sobre el color básico de identificación, en el caso de que la tubería esté totalmente pintada.

6.4.2 Pintado en una banda de 100 mm. de longitud mínima, entre dos bandas de color básico de 150 mm. de longitud mínima cada una, en el caso de que la tubería no esté completamente pintada (véase figura 1).

### 6.5 Información complementaria.

#### COLOR BÁSICO DE IDENTIFICACIÓN

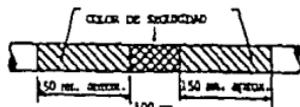


FIG. 1 APLICACIÓN DE LOS COLORES DE SEGURIDAD

La información complementaria debe ser de color blanco o negro (excepto los Símbolos de seguridad) para contrastar claramente con el color de la tubería o con el color básico, pudiéndose emplear las siguientes opciones:

Utilización de los Símbolos de seguridad, conforme a lo establecido en la NOM-STPS-027 (véase 3)

Nombre completo de la sustancia, por ejemplo: Agua.

Abreviatura del nombre mediante siglas, por ejemplo A (Agua)

Símbolo o fórmula química: H<sub>2</sub>O.

Información del proceso, por ejemplo: Agua para calderas

6.5.1 La información complementaria podrá ubicarse en una etiqueta, placa o letrero fijado a la tubería, junto a las franjas de color básico o pintada sobre el color básico

### 7. Dirección del Flujo.

7.1 La dirección del flujo del fluido debe indicarse con una flecha situada próxima a las franjas de color básico.

7.2 Esta flecha se pintará directamente sobre la tubería, en color blanco o negro, para contrastar claramente con el color de la misma o con las

franjas de color básico.

7.3 Esta flecha podrá integrarse a las etiquetas, placas o letreros o indicados en 6.5.1.

### APÉNDICE A

A.1 Ejemplos de Aplicación del código de colores, (véanse figuras).

### A.2 Definición física de los colores.

Los colores a que se refiere esta norma se definen por medio del sistema colorimétrico normalizado de especificación de color de la comisión internacional de iluminación (CIE), según se aceptó, en su octava sesión celebrada en Cambridge (Reino Unido) en 1931.

Las especificaciones se expresan en coordenadas de cromaticidad CIE (x,y), y con el factor de luminancia  $L_v$ . Determinados bajo condiciones CIE, por ejemplo: Fuente C, dirección de iluminación normal, dirección de lectura 45°.

### 8. Bibliografía.

ISO-R-508-1966 (E) Identification Colours for Pipes Conveying Fluids in Liquid or Gaseous Condition in Land Installations and on Board Ships. First edition, October 1966.

### 9. Concordancia con Normas Internacionales.

Esta norma concuerda con la norma ISO-R-508-1966 (E).

### APÉNDICE B.

La presente norma se expide para ser aplicada en los casos a que se refiere el artículo 110 del "Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo", expedido por el C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, publicado en el Diario Oficial de la Federación en junio de 1978.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación.

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación.

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No. 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020 México, D.F.

### Sufragio Efectivo No Reelección.

México, D.F., a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres. El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco - Rubrica

## ANEXO

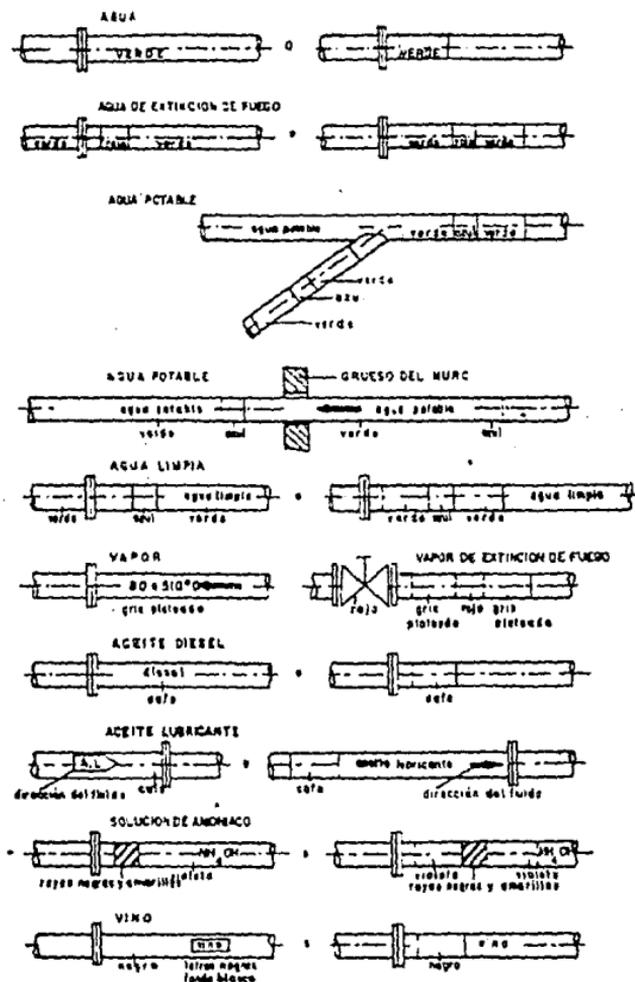


FIG. 2.- EJEMPLOS DE IDENTIFICACIÓN DE COLORES Y CÓDIGO DE INDICACIONES

TABLA I DEFINICIONES DE LOS COLORES BASICOS

COLOR BASICO	COORDENADAS DE CROMATICIDAD CIE = E y, FACTOR DE LUMINANCIA $\beta$
VERDE	$y > -0.1x + 0.412$ $y > 1.6x - 0.552$ $y < 0.474 - 0.1x$ $x > 0.357 - 0.15y$ $0.09 < \beta < 0.17$
GRIS PLATEADO	$\beta > 0.50$
CAFE	$x > 0.545 - 0.35y$ $y > 0.19x - 0.257$ $x < 0.568 - 0.25y$ $y < 0.39x + 0.195$ $0.09 < \beta < 0.17$
AMARILLO OCRE	$y > 0.840 - 1.07x$ $y > 0.77x + 0.075$ $y < 0.823 - 0.84x$ $y < x + 0.006$ $0.30 < \beta < 0.45$
VIOLETA	$y < 3.17x - 0.225$ $y < 1.6x - 0.19$ $y > 0.25x + 0.185$ $y > 1x - 1.854$ $0.35 < \beta < 0.50$
AZUL CLARO	$y < 0.550 - x$ $y < 0.64x + 0.118$ $y > 0.894 - 3x$ $y > 0.94x + 0.024$ $0.36 < \beta < 0.50$

TABLA 2 DEFINICION DE LOS COLORES DE SEGURIDAD

COLOR DE SEGURIDAD	COORDENADAS DE CROMATICIDAD CIE x E y, FACTOR DE LUMINANCIA $\beta$
ROJO DE SEGURIDAD	$y < 0.290 + 0.080x$ $y > 0.920 - x$ $y > 0.359 - 0.394x$ $y > 0.315$ $0.07 < \beta < 0.15$
AMARILLO DE SEGURIDAD	$x > 0.048 + 0.827y$ $y > 0.287 - x$ $y > 0.120 + 0.632x$ $\beta > 0.45$
AZUL AUXILIAR	$x < 0.433 - 0.95y$ $y < 0.64x + 0.12$ $x > 0.342 - 0.95y$ $y > 1.26x - 0.074$ $0.08 < \beta < 0.15$

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-019-STPS-1993, seguridad- equipo de protección respiratoria - código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto

## **ANEXO No. 8**

TABLA 2 DEFINICION DE LOS COLORES DE SEGURIDAD

COLOR DE SEGURIDAD	COORDENADAS DE CROMATICIDAD CIE x E y, FACTOR DE LUMINANCIA $\beta$
ROJO DE SEGURIDAD	$y < 0.283 + 0.030x$ $y > 0.323 - x$ $x > 0.559 - 0.394x$ $y > 0.315$ $0.07 < \beta < 0.15$
AMARILLO DE SEGURIDAD	$x > 0.648 + 0.327y$ $y > 0.887 - x$ $x > 0.120 + 0.632x$ $\beta > 0.45$
AZUL AUXILIAR	$x < 0.433 - 0.95y$ $y < 0.64x - 0.11$ $x > 0.342 - 0.95y$ $y > 1.26 - 0.374$ $0.05 < \beta < 0.15$

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-029-  
 SPS-1993, seguridad - equipo de protección  
 respiratoria - código de seguridad para la  
 identificación de botes y cartuchos purificadores de  
 aire.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que  
 dice Estados Unidos Mexicanos - Secretaría del  
 Trabajo y Previsión Social

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN  
 SOCIAL. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE  
 NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y  
 MEDIO AMBIENTE 30R.-

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO,  
 Presidente del Comité Consultivo Nacional de  
 Normalización de Seguridad, Higiene y Medio  
 Ambiente Laboral con fundamento en lo dispuesto

en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

#### CONSIDERANDO.

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado, el Anteproyecto Norma Oficial Mexicana: NOM-STPS- 029 Seguridad- equipo de protección respiratoria - código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación.

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publica el siguiente.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-029-STPS-1993. Seguridad- equipo de protección respiratoria - código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

#### 1. Objeto.

Esta Norma Oficial Mexicana establece el código de seguridad para identificar los botes y cartuchos purificadores de aire.

#### 2. Campo de Aplicación.

Esta Norma Oficial Mexicana se aplica a los botes y cartuchos purificadores de aire, empleados en el equipo de protección respiratoria, con el cual se dota a los trabajadores, para protegerlos del riesgo de daño a su salud, debido a la inhalación de gases o vapores, solos o combinados, presentes en una atmósfera peligrosa del centro de trabajo (véase 3).

3. Referencia alamiento que se adhiere al bote o cartucho purificador de aire, para imprimir o escribir en él, la información relativa a las características del bote o cartucho purificador de aire.

#### 5. Identificación.

El código de seguridad que se establece en esta Norma consta de:

- Un medio principal.
- Un medio secundario.

#### 5.1 Medio principal.

El medio principal para identificar los botes o cartuchos purificadores de aire, objeto de esta Norma es, por medio de un marbete, como se describe en el Capítulo 6.

#### 5.2 Medio secundario.

El medio secundario para identificar los botes o cartuchos purificadores de aire, objeto de Norma, es por medio del color de su envase, de acuerdo al código de colores establecido para tal efecto en el Capítulo 7.

#### 6. Marbete.

6.1 En cada bote o cartucho purificador de aire, debe adherirse un marbete, en el que aparecerá una leyenda en letras negritas, indicando la

protección que proporciona, así como las condiciones bajo las cuales el uso del bote o cartucho es seguro. En la figura 1 se muestra el formato con la información mínima que debe incluirse en el marbete.

Para protección de las vías respiratorias en atmósferas\* conteniendo una concentración no mayor

A \_\_\_\_\_ mg/m<sup>3</sup> o \_\_\_\_\_ ppm de:

Nombre de (los) contaminante (s) Atmosférico (s). No debe usarse en atmósferas conteniendo menos del 19.5 % de oxígeno en volumen, al nivel del mar.

Figura 1.- Información mínima que debe contener el marbete.

6.2 La información anterior puede estar en: Una etiqueta de papel (con adhesivo que resista los cambios de temperatura) o en una calcomanía, o en una placa metálica adherida al envase del bote o cartucho purificador de aire; o pintada con plantilla o litografiada. Cualquiera que sea el medio seleccionado, debe asegurar su permanencia y la legibilidad de la información.

#### 6.3 Ubicación del marbete.

El marbete debe colocarse en la superficie más visible del bote o cartucho purificador de aire.

#### 7. Código de colores.

En cada bote o cartucho purificador de aire, a los que se aplica el código objeto de esta Norma, se debe indicar por medio de un color el (los) contaminante (s) contra el (los) que protegen, de acuerdo al código para cartuchos purificadores de aire establecido en la tabla No. 1 y al código para botes purificadores de aire, establecido en la tabla No 2.

7.1 Todos los colores deberán ser claramente identificables por el usuario y distinguibles fácilmente uno de otro.

7.2 El color usado no debe desprenderse, estrellarse, ampolillarse o desvanecerse, y debe resistir los efectos de las atmósferas ordinarias a las cuales va a estar expuesto, bajo condiciones normales de almacenamiento y uso.

7.3 Opcionalmente, la identificación por medio del color puede hacerse con un marbete de color asignado, en este caso, el envase del bote o cartucho purificador de aire, puede ser de color gris o de color metálico original.

#### 8. Bibliografía.

American National Standard For Identification of Air Purifying Respirator Canisters and Cartridges k 13.1-1973.

Tabla 1

Código de colores para identificar el (los) contaminante (s) contra los cuales protege el cartucho purificador de aire.

Contaminantes atmosféricos contra los cuales protegen	Color asignado
Gases ácidos	blanco
Vapores orgánicos	negro
Gas amoníaco y/o metilamina	verde
Gases ácidos y vapores orgánicos	amarillo
Otros vapores y gases no listados arriba	olivo
Materiales radiactivos	púrpura

Tabla No. 2

Código de colores para identificar el (los) contaminante (s) contra los cuales protege el bote purificador de aire.

Contaminantes atmosféricos (contra los cuales protegen)	Color asignado
Gases ácidos	blanco
Gas ácido cianhídrico	blanco con una franja verde *
Cloro	blanco con una franja amarilla *
Gases ácidos y vapores orgánicos	amarillo
Sulfuro de hidrógeno, vapores orgánicos, fosfina	amarillo con una franja naranja *
Gas amoníaco y/o metilamina	verde
Vapores orgánicos	negro
Gases ácidos, vapores orgánicos y gas amoníaco	café

Gases ácidos, vapores orgánicos, amoníaco y monóxido de carbono

Otros vapores y gases no listados arriba

Materiales radiactivos

\* Los colores de las franjas deben cumplir con lo establecido en 7.1 y 7.2.

#### Apéndice A.

La presente Norma se expide para ser aplicada en los casos a que se refiere el artículo 168 del "Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo", expedido por el C. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, publicados en el Diario Oficial de la Federación del 5 de junio de 1978 y el inciso 16, Apartado IV de la NOM-STPS-017 "Relativo a los Requerimientos y Características del Equipo de Protección Personal para los Trabajadores".

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

#### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación.

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación.

3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No. 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020, México, D. F.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D. F. los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco.- Rúbrica.

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-030-STPS-1993, seguridad equipo de protección respiratoria definiciones y clasificación.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

**JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO**, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y del Acuerdo por el que se constituye dicho Comité, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º de julio de 1993, y

#### CONSIDERANDO.

Que con fecha 2 de julio de 1993, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en los términos de los artículos 45 y 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, presentó al Comité mencionado, el Anteproyecto Norma Oficial Mexicana: NOM-STPS-030. Seguridad Equipo de Protección Respiratoria. Definiciones y Clasificación;

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que en atención a las anteriores consideraciones y a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a la presente publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización, se publique el siguiente:

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-030-STPS-1993, Seguridad Equipo de Protección Respiratoria. Definiciones y Clasificación.

#### 1. Objetivo.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las definiciones empleadas en el uso del equipo de protección respiratoria, así como su Clasificación de acuerdo a su modo de operación, incluyendo la capacidad y limitaciones del mismo.

#### 2. Campo de Aplicación.

Las Definiciones y la Clasificación del Equipo de Protección Respiratoria, se establecen para aquel equipo con el cual se provea a los trabajadores, para protegerlos del riesgo de daño a su salud debido a la atmósfera presente en el lugar de trabajo. No es aplicable a dispositivos para la respiración bajo el agua, sistema de oxígeno en aviones, máscaras militares e inhaladores y resucitadores médicos.

#### 3. Definiciones.

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

##### 3.1 Absorbente:

Material que este contenido en el cartucho o

bote purificador de aire y que remueve los gases tóxicos y vapores del aire inhalado, por adsorción o absorción.

##### 3.2 Acoplamiento desmontable:

Dispositivo que permite al usuario, sin necesidad de herramientas manuales, desmontar y separar la línea suministradora de aire, del respirador usado por el trabajador.

##### 3.3 Aparatos de Respiración Autónoma (ARA):

Véase respirador, inciso 3.4.5.

##### 3.4 Arnés:

Sistema de sujeción, formado por bandas flexibles que permite su ajuste, y se utiliza para fijar el respirador a la cara del usuario o los componentes del equipo al cuerpo.

##### 3.5 Atmósfera peligrosa:

Cualquier atmósfera, ya sea inmediatamente o no inmediatamente peligrosa para la vida o la salud, la cual es deficiente en oxígeno, o que contiene un contaminante tóxico productor de enfermedad, que excede el nivel máximo permisible (véase 3.35).

3.6 Atmósfera deficiente en oxígeno inmediatamente peligrosa para la vida o la salud:

Atmósfera cuya presión parcial de oxígeno es de 100 mm. de Hg o menor, en el aire fresco inspirado en la parte superior de los pulmones, el cual está saturado de vapor de agua (véase apéndice).

3.7 Atmósfera deficiente en oxígeno no inmediatamente peligrosa para la vida o la salud:

Atmósfera que tiene una concentración de oxígeno menor del 19 % en volumen bajo condiciones normales de presión, pero que tiene una concentración de oxígeno por arriba de aquella que es inmediatamente peligrosa para la vida o la salud.

3.8 Atmósfera inmediatamente peligrosa para la vida o la salud.

Cualquier atmósfera que presente un peligro inmediato para la vida o que produce efectos debilitantes inmediatos e irreversibles en la salud.

3.9 Atmósfera no inmediatamente peligrosa para la vida o la salud:

Cualquier atmósfera peligrosa a la salud, puede producir incomodidad física inmediatamente, intoxicación crónica después de exposiciones repetidas, o síntomas fisiológicos agudos adversos, después de una exposición prolongada.

##### 3.10 Bote purificador de aire:

Recipiente con un filtro y absorbente, catalizador, o cualquier combinación parecida que remueve contaminantes específicos del aire.

**3.11 Bote purificador de oxígeno.**

Recipiente lleno de una sustancia química, que genera oxígeno por medio de reacciones químicas.

**3.12 Capucha:**

Porción del respirador que cubra completamente la cabeza, el cuello y parte de los hombros.

**3.13 Cartucho purificador de aire:**

Aquel semejante al bote purificador del aire, definido en 3.10, pero de dimensiones menores.

**3.14 Catalizador:**

Para efectos de esta norma, sustancia que convierte un gas o vapor tóxico en un gas o vapor menos tóxico.

**3.15 Contaminante:**

Material dañino, irritante o causante de molestias y que es ajeno a la atmósfera normal.

**3.16 Presión demanda y a demanda.**

Véase tipo a demanda en aparatos de respiración autónomos (ARA) incisos 4.2.1.1.2

a) y en equipo de Protección respiratoria con línea de aire en el inciso 4.2.1.2.2, b) y c).

**3.17 Diámetro aerodinámico:**

Diámetro de una esfera de densidad unitaria y le corresponde a cualquier partícula que tiene la misma velocidad de asentamiento, no importando su forma y densidad.

**3.18 Dispositivo suministrador de aire:**

Soplador manual o mecánico para la pieza facial y de manguera, o un compresor a otra fuente de aire respirable, para el respirador de línea de aire.

**3.19 Entrada a la cubierta del respirador:**

Aquella Porción del respirador que conecta el trazo respiratorio del usuario a un dispositivo purificador de aire o a una fuente de gas respirable o a ambos, pueda ser una pieza facial, yelmo, capucha, traje, pieza bucal con pinza nasal.

**3.20 Espacio confinado:**

Lugar limitado tal como un tanque de almacenamiento, ducto de procesamiento, calentador, silo, tanque, tubo, cloaca, cápsula de utilidad subterránea, túnel o fosa, que tiene una salida limitada y una ventilación natural pobre, y que puede contener contaminantes peligrosos o ser deficiente en oxígeno.

**3.21 Factor de Protección,**

Relación de la concentración ambiental de una sustancia suspendida en el aire en la zona de respiración del trabajador entre la concentración

de la sustancia dentro de respirador.

El factor de Protección es una medida del grado de Protección que el respirador proporciona al trabajador.

**3.22 Filtro:**

Componente usado en los respiradores para remover las partículas sólidas o líquidas del aire inhalado.

**3.23 Filtro de alta eficiencia:**

Filtro que remueve del aire el 99.97 % o más del dióxido de titanio monodisperso (Dof) que tiene un Diámetro promedio por partícula de 0.3 micras.

**3.24 Gas.**

Fluido aeriforme que bajo condiciones normales de presión y temperatura se encuentra en estado gaseoso.

**3.25 Humo:**

Partículas sólidas de tamaño extremadamente pequeño, generalmente menor de una micra, producidas por condensación o combustión incompleta.

**3.26 Indicador de ventana:**

Dispositivo que está en el bote o cartucho purificador de aire que denota visualmente la vida de servicio de ambos.

**3.27 Irrespirable:**

Inapropiados para la respiración.

**3.28 Límite máximo de uso para un filtro, bote o cartucho purificador de aire:**

Máxima concentración de un contaminante a la que se ha aprobado el uso de un filtro, bote o cartucho purificador de aire.

**3.29 Límite inferior aromático:**

Concentración más baja de un contaminante en el aire que puede ser detectado por el sentido del olfato.

**3.30 Mascarilla contra gas:**

véase respirador, inciso 3.45.

**3.31 Materia en partículas:**

Suspensión de Partículas finas, sólidas o líquidas en el aire, tales como polvo, niebla, vapor, neblina, humo o rocío.

**3.32 Máscara con manguera:**

véase respirador, inciso 3.45.

**3.33 Media máscara:**

véase pieza facial, inciso 3.37.

**3.34 Neblina:**

Partículas líquidas suspendidas en el aire, producidas por condensación.

**3.35 Nivel de Concentración Máxima permisible:**

Concentración máxima permisible de un contaminante, establecida en la NOM-STPS-010 (véase 6.2).

**3.36 Pieza bucal.**

Parte del respirador que es mantenida en la boca del trabajador y está conectada al dispositivo purificador de aire o a la fuente de gas respirable o a ambas. Esta diseñada para ser a prueba de gases y Partículas.

**3.37 Pieza facial:**

Aquella Porción del respirador que cubre la nariz y la boca del trabajador, ya sea a manera de un cuarto de máscara (por arriba de la barbilla), media máscara (por bajo de la barbilla), o que cubre la boca, nariz y ojos con una pieza facial completa. Está diseñada para ser a prueba de gases y Partículas y para que ajuste a la cara; incluye las bandas para sujetarla a la cabeza, la(s) válvula(s) de exhalación, y las conexiones para el dispositivo de aire o para la fuente de gas respirable, o para ambos.

**3.38 Pieza ocular:**

Ventana (s) transparente (s) a prueba de gas, instalada (s) en una pieza facial completa, yelmo, capucha o traje, a través de la cual el trabajador puede ver.

**3.39 Pieza nasal:**

Dispositivo usado en el respirador, equipado con una pieza bucal que cierra las fosas nasales del trabajador. También conocido como sujetador de la nariz.

**3.40 Polvo respirable:**

Aquel que contiene Partículas sólidas, producidas mecánicamente, cuyo tamaño es hasta 5 micras.

**3.41 Polvo productor de fibrosis:**

Polvo que, cuando es inhalado, depositado y retenido en los pulmones, puede producir focos de crecimientos fibrosos, que pueden causar enfermedades pulmonares.

**3.42 Polvo productor de neumoconiosis:**

Polvo que cuando es inhalado, depositado y retenido en los pulmones, puede producir signos, síntomas y focos de enfermedad pulmonar

**3.43 Resistencia:**

Oposición al flujo del aire, cuando pasa a través del bote purificador de aire, del cartucho purificador de aire, del filtro de partículas, orificios, válvula o manguera.

**3.44 Respirable:**

Apropiado para la respiración, (no se aplica a polvo respirable).

**3.45 Respirador:**

Dispositivo diseñado para proteger al trabajador de la inhalación de atmósferas peligrosas.

**3.46 Respirador contra material abrasivo:**

El respirador definido en 3.45 que además protege al que lo lleve, contra la inhalación de material abrasivo y contra el impacto y raspadura de material abrasivo flotante.

**3.47 Respirador de cartucho:**

El respirador definido en 3.45, que tiene un cartucho purificador de aire.

**3.48 Respirador de emergencia:**

El respirador definido en 3.45, destinado para usarse cuando se presenta súbitamente una atmósfera peligrosa y que es necesario para escapar de ella.

**3.49 Respirador de filtro:**

El respirador definido en 3.45, que tiene un filtro.

**3.50 Respirador de línea de aire:**

El respirador definido en 3.45, que suministra aire respirable a través de una manguera que proviene de un compresor o cilindro de aire comprimido.

**3.51 Respirador de rescate:**

Respirador para entrar a una atmósfera peligrosa para rescatar a una(s) persona (s) que este(n) dentro de ella.

**3.52 Respirador de uso no rutinario:**

Respirador para procedimiento o tareas especiales que no se programan frecuentemente.

**3.53 Respirador de uso rutinario:**

Respirador para procedimientos normales, como cuando se tienen que realizar tareas regulares.

**3.54 Respirador de presión positiva:**

Respirador en el cual la presión del aire a la entrada del respirador, es positiva en Relación a la presión del aire de la atmósfera exterior durante la exhalación e inhalación.

**3.55 Respirador de presión negativa:**

Respirador en el cual la presión del aire a la entrada del respirador es positiva durante la exhalación, en relación con la presión del aire de la atmósfera exterior, y negativa durante la inhalación, en relación con la presión del aire de la atmósfera exterior.

**3.56 Rocío:**

Partículas líquidas producidas mecánicamente con tamaño generalmente visibles.

**3.57 Traje con suministro de aire:**

Traje a prueba de la mayoría de los contaminantes gaseosos y en particular, que está provisto de un suministro de aire respirable.

**3.58 Tubo de respiración:**

Tubo a través del cual el oxígeno o el aire fluye hacia la pieza facial, pieza bucal, yelmo, capucha o traje.

**3.59 Vapor:**

El estado gaseoso de una sustancia que es sólida o líquida a presión y temperaturas normales.

**3.60 Válvula:**

Dispositivo que controla la presión, dirección o rango de flujo de oxígeno o aire.

**3.61 Válvula de exhalación:**

Dispositivo que permite exhalar aire, expulsarlo del respirador y previene la entrada de aire del exterior.

**3.62 Válvula inhalación:**

Dispositivo que permite que el aire respirable entre al respirador y evita que el aire exhalado salga del respirador a través de la válvula.

**3.63 Válvula reguladora de aire:**

Válvula ajustable usada para regular, pero que no puede impedir la entrada completamente del aire que fluya a la pieza facial, yelmo, capucha o traje.

**3.64 Válvula de retención:**

Dispositivo que permite únicamente el paso de aire u oxígeno en un solo sentido.

**3.65 Vida de servicio:**

Tiempo durante el cual el respirador provee una adecuada protección al trabajador; por ejemplo, el período que un dispositivo purificador de aire que es efectivo para remover las sustancias nocivas del aire inspirado.

**4. Clasificación de los respiradores.**

4.1 Los respiradores de acuerdo a su modo de operación se clasifican de la manera siguiente: (véase fig.1)

4.1.1 Respiradores suministradores de atmósfera: (véase fig.2).

- a) Autónomos.
- b) De suministro de aire.
- c) Combinación de los dos anteriores.

4.1.2 Respiradores purificadores de aire: (véase fig.3)

- a) Para vapor y/o gas.
- b) Para contaminantes en partículas.

c) Combinación de los anteriores.

4.1.3 Respiradores combinados de suministro de atmósfera y purificador de aire.

**4.2 Tipo de respiradores.**

4.2.1 De los respiradores suministradores de atmósfera.

Estos respiradores son equipos que suministran aire, oxígeno o generan oxígeno por medio de una sustancia química, y son transportados por el trabajador, normalmente son equipados con pieza facial completa, pero puede ser equipados con media máscara o un cuarto de máscara, yelmo, capucha, o pieza bucal y pinza nasal.

4.2.1.1 Aparatos de Respiración Autónomos (ARA).

Los aparatos de respiración autónomos pueden ser de:

- a) Circuito cerrado.
- b) Circuito abierto.

4.2.1.1.1 Los ARA de circuito cerrado pueden ser de los siguientes tipos.

a) Tipo de oxígeno líquido o comprimido (generador de oxígeno):

Están equipados con una pieza facial o pieza bucal y pinza nasal. El oxígeno gaseoso a alta presión proviene de un cilindro y pasa a través de una válvula de reducción de aire presión y en algunos modelos a través de una válvula de admisión de baja presión, a un recipiente o bolsa de respiración.

El oxígeno líquido es convertido a oxígeno gaseoso a baja presión y es liberado en una bolsa de respiración. El trabajador inhala de la bolsa a través de un tubo corrugado conectado a una pieza bucal o a una pieza facial.

El aire exhalado pasa a través de otra válvula de retención y de un tubo hasta llegar a un recipiente cuyo contenido remueve químicamente el bixido de carbono y vuelve a la bolsa de respiración. El oxígeno generado entra a la bolsa continuamente, o cuando la bolsa se desinfla lo suficiente, actúa una válvula de admisión.

Un sistema de relevo de presión se proporciona y un sistema manual de paso a una trampa de salida pueden ser proporcionados dependiendo del diseño.

b) Tipo generadores de oxígeno.

Equipados con una pieza facial o pieza bucal y pinza nasal. El vapor de agua presente en el aire exhalado reacciona con algunas sustancias químicas en el bote generador de oxígeno para liberar oxígeno y enviarlo a la bolsa de respiración.

El trabajador inhala de la bolsa a través de un tubo corrugado y de una válvula de retención que está en la pieza facial. El aire inhalado pasa a través de una segunda válvula de retención a un tubo de respiración ensamblado al bote generador de oxígeno. El rango de liberación de oxígeno está gobernado por el volumen de aire inhalado. El dióxido de carbono en el aire inhalado pasa por la sustancia química contenida en el bote generador de oxígeno.

4.2.1.1.2 Los ARA de circuito abierto pueden utilizar oxígeno o aire comprimido a aire u oxígeno líquido, y están provistos de un sistema de paso en caso de fallas del regulador, excepto en los respiradores de emergencia.

Los ARA de circuito abierto pueden ser de los siguientes tipos.

a) Tipo a demanda. Son equipados con una pieza facial o pieza bucal y pinza nasal. La válvula de demanda permite al oxígeno o al aire fluir solamente durante la inhalación.

El aire exhalado pasa a la atmósfera ambiental a través de la (s) válvula (s) que está (n) en la pieza facial o pieza bucal. Durante la exhalación, la presión en la pieza facial o pieza bucal se convierte en positiva y la válvula de demanda es desactivada.

b) Tipo presión demanda. Son equipados únicamente con la pieza facial, manteniéndose una presión positiva en ella. El aparato puede tener un sistema que permita al trabajador seleccionar el modo de operación tipo de demanda o tipo de presión de demanda, en el caso de tipo de demanda debe ser usado únicamente cuando se pone o quite el aparato. La presión positiva es mantenida en la pieza facial por medio de un regulador de resorte o un regulador balanceado y una válvula de exhalación.

4.2.1.2 Respiradores suministradores de aire. Los respiradores suministradores de aire pueden ser de los siguientes tipos:

a) De manguera.

b) Respiradores de línea de aire.

4.2.1.2.1 Los respiradores suministradores de aire de pieza facial y mangueras son equipados con una pieza facial, manguera corrugada, un tubo de respiración, un acoplamiento resistente de seguridad y una manguera para el suministro de aire, de diámetro grande, de alta eficiencia y puede tener rosca.

La manguera corrugada y la manguera para el suministro de aire son aseguradas al acoplamiento. La pieza facial está equipada con una válvula de exhalación, el acoplamiento puede tener una entrada para unir una línea de seguridad.

Estos respiradores pueden ser de los siguientes tipos:

a) Tipo de pieza facial y manguera con soplador.

El aire es suministrado por un soplador mecánico o manual.

El trabajador puede continuar inhalando a través de la manguera si el soplador falla.

b) Tipo de pieza facial y manguera sin soplador.

El trabajador proporciona la fuerza motriz para jalar el aire a través de la manguera; la entrada de la manguera se fija y ajusta con un embudo o con un agujero abierto con una malla fina para prevenir la entrada de Partículas gruesas de material.

#### 4.2.1.2.2 Respiradores de línea de aire.

En estos respiradores el aire respirable es suministrado a través de una manguera de diámetro pequeño proveniente de un compresor o cilindro (s) de aire comprimido. La manguera es unida al trabajador por medio de un cinturón u otros medios apropiados y puede ser desmontada rápidamente en una emergencia.

Una válvula de control u orificio es proporcionado para gobernar el rango de flujo de aire. El aire exhalado pasa a la atmósfera ambiental a través de una (s) válvula (s) u orificio (s) en el enclaustramiento (pieza facial), yelmo, capucha o traje. Estos respiradores pueden ser de los siguientes tipos.

a) Tipo de flujo continuo.

Son equipados con una pieza facial, yelmo, capucha o traje. El aire es enviado al traje a través de un sistema de tubos internos, a la cabeza, al tronco y a las extremidades mediante válvula localizada en partes apropiadas del traje.

b) Tipo de demanda.

Son equipados únicamente con una pieza facial. La válvula de demanda permite el flujo de aire únicamente durante la inhalación; durante la exhalación la presión en la pieza facial se

convierte en positiva y la válvula de demanda es desactivada.

**c) Tipo de presión demandada.**

Son equipadas únicamente con una pieza facial en la cual se mantiene una presión positiva, por medio de un regulador balanceado y una válvula de exhalación.

**4.2.1.3 Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autónomo auxiliar.**

Incluye un respirador de línea con uno de suministro de aire autónomo auxiliar en el caso de que el suministro de aire falle, el trabajador cambia al de suministro autónomo auxiliar.

**4.2.2 De los respiradores purificadores de aire.**

El aire ambiental, previamente a su inhalación, pasa a través de un filtro, bote o cartucho purificador de aire, el cual remueve material en Partículas, la acción respiratoria del trabajador proporciona la fuerza necesaria para aquellos respiradores sin fuerza motriz, aquellos que sí la contienen poseen un soplador (estacionario o transportado por el trabajador) el cual hace pasar el aire ambiental a través de un componente purificador de aire, proporcionándolo posteriormente al respirador. Los respiradores sin fuerza motriz son equipados con una pieza facial o con pieza bucal y pinza nasal, los de fuerza motriz poseen una pieza facial, yelmo, capucha, o traje. Estos respiradores pueden ser de los siguientes tipos:

**a) Respirador para vapor y/o gas.**

Son equipados con bote (s) o cartucho (s) purificadores de aire para remover del aire un vapor o gas en particular (por ejemplo cloro gaseoso); una clase especial de gases o vapores (por ejemplo gases orgánicos), o una combinación de dos o más clases de vapores o gases (por ejemplo vapores orgánicos y gases ácidos).

**b) Respiradores para partículas.**

Son equipados con filtros para remover del aire un tipo de Partículas en especial (por ejemplo polvos metálicos) o una combinación de dos o más tipos de Partículas (por ejemplo polvo y humo) el filtro es una parte reemplazable del respirador. Estos respiradores pueden ser del tipo desechables.

**c) Respiradores de combinación para Partículas y para vapor y gas.**

Son equipados con filtro (s), bote (s), cartucho (s) purificador de aire para remover del aire partículas, vapores y gases. Los filtros pueden ser reemplazables.

**4.2.3 Respiradores de combinación de suministro de atmósfera y purificador de aire.**

Esta combinación proporciona al trabajador la opción de usar dos modos diferentes de operación y pueden ser de los siguientes tipos:

a) Un respirador de suministro de atmósfera con un purificador de aire auxiliar, el cual proporciona Protección durante el caso de que el suministro de atmósfera falle.

b) Un respirador purificador de aire con uno de suministro de atmósfera auxiliar, el cual es usado cuando la atmósfera puede exceder las condiciones de seguridad para el uso de un respirador de aire.

**5. Capacidades y limitaciones de los respiradores.**

Todos los respiradores ofrecen protección específica al riesgo para el cual fueron diseñados; la selección del respirador entre otros debe tomar en cuenta sus características, capacidad y limitaciones de los mismos. A continuación, se presentan de forma general, las capacidades y limitaciones de los respiradores clasificados en esta norma.

**5.1 Respiradores suministradores de atmósfera.**

Estos respiradores proporcionan Protección contra las deficiencias de oxígeno y atmósferas tóxicas. La atmósfera respirable es independiente de las condiciones atmosféricas ambientales.

**Limitaciones generales:**

Excepto para algunos trajes de línea de aire, no se proporciona Protección contra irritaciones cutáneas, debidas a sustancias químicas (por ejemplo amoníaco, ácido, clorhídrico) o contra la absorción de ellas a través de la piel (por ejemplo, ácido cianhídrico, pesticidas de fosfato orgánico).

La pieza facial presenta problemas especiales a las personas que tienen que usar lentes por prescripción.

El uso de estos respiradores de atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida o la salud, está limitado a dispositivos específicos y bajo condiciones particulares.

5.1.1 ARA. El usuario porta su propia atmósfera respirable.

Limitaciones. El período durante el cual el dispositivo proporcionará protección, está limitado por la cantidad de aire u oxígeno en él. La presión atmosférica (la vida de servicio de los dispositivos de circuito abierto disminuye a la mitad si la presión atmosférica se duplica), y el tipo de trabajo a realizar. Algunos ARA tienen una vida de servicio corta (menor de 15 minutos) y son apropiados solo para escapar de una atmósfera no respirable.

Las limitaciones principales del ARA, son: su peso o volumen o ambos, su vida de servicio limitada; y el entrenamiento requerido para su mantenimiento y uso seguro.

#### 5.1.1.1. ARA de circuito cerrado:

La operación de circuito cerrado conserva el oxígeno y permite una vida de servicio más larga a peso reducido, el de presión negativa produce una presión negativa en la entrada del respirador durante la inhalación y ésta puede permitir la entrada de contaminantes, mientras que los de presión positiva siempre mantienen una presión positiva a la entrada del respirador y evitan la entrada de contaminantes al interior.

#### 5.1.1.2 ARA de circuito abierto:

Los de tipo a demanda producen una presión negativa en la entrada del respirador durante la inhalación, mientras que los de tipo de presión demanda mantienen una presión positiva y evitan la entrada de contaminantes al interior.

#### 5.1.2 Respiradores y suministradores de aire:

El suministro de aire respirable no está limitado a la cantidad que el individuo puede portar y los dispositivos son ligeros y simples.

#### Limitaciones:

Limitados a uso en la atmósfera de las cuales el usuario puede escapar sin daño y sin ayuda del respirador. El trabajador queda limitado en sus maniobras por la manguera y debe retornar a una atmósfera respirable siguiendo su ruta de entrada. La manguera está en peligro de ser dañada o perforada.

#### 5.1.2.1 De pieza facial y manguera:

La boquilla de la manguera o el soplador deben ser instalados y asegurados en una atmósfera respirable.

5.1.2.1.1 Tipo de pieza facial y manguera con soplador:

Si el soplador falla, la unidad todavía proporciona Protección aunque exista una presión negativa en la pieza facial durante la inhalación.

5.1.2.1.2 Tipo de pieza facial y manguera sin soplador:

La longitud máxima de la manguera puede restringir la aplicación del dispositivo.

5.1.2.2 Respiradores de línea de aire (tipo de flujo continuo, a demanda y presión demanda).

Los de tipo a demanda producen una presión negativa en la pieza facial durante la inhalación, mientras que los de flujo continuo y de los de presión demanda mantienen una presión positiva en la entrada del respirador y permite menos entrada de contaminantes al interior. Los trajes de línea de aire pueden proteger contra atmósferas que irritan la piel o que pueden ser absorbidas a través de ella.

#### Limitaciones:

Los respiradores de línea de aire no proporcionan protección si el suministro de aire falla. Algunos contaminantes (por ejemplo tritio) pueden penetrar el material de un traje de línea de aire limitar su efectividad. Otros contaminantes (por ejemplo: flúor) puede reaccionar químicamente con el material del traje y dañarlo.

5.1.3 Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autónomo auxiliar.

El suministro de aire autónomo auxiliar en este tipo de dispositivos permite al trabajador escapar de una atmósfera peligrosa.

#### 5.2 Respiradores purificadores de aire:

##### Limitaciones generales.

Estos respiradores no protegen contra atmósferas deficientes de oxígeno, ni contra irritaciones de la piel por absorción a través de ella de los contaminantes suspendidos en la atmósfera.

La máxima concentración de un contaminante contra la cual un respirador purificador de aire protegerá, está determinada por la eficiencia del diseño y la capacidad del bote o cartucho purificador de aire o filtro y por el ajuste de la pieza facial para gases y vapores a la cara del trabajador; la concentración máxima para la cual el elemento purificador de aire es

ser especificada por el fabricante e incluida en los botes y cartucho de aire.

Los respiradores purificadores de aire sin fuerza motriz no proporcionarán la máxima Protección diseñada especificada a menos que la pieza facial o pieza bucal con pinza nasal sea cuidadosamente ajustada a la cara del trabajador para prevenir entradas hacia el interior. El período durante el cual se proporciona Protección, depende del tipo de filtro y bote purificador de aire, de la concentración del contaminante, de los niveles de humedad en el ambiente y de la respiración del trabajador.

Se debe seleccionar el tipo apropiado del filtro, bote purificador o cartucho purificador de aire para las condiciones particulares de cada atmósfera. Los respiradores purificadores de aire sin fuerza motriz pueden causar incomodidad debido a la notable resistencia a la inhalación; esto se minimiza en respiradores con fuerza motriz. Las piezas faciales presentan problemas especiales a individuos que requieran del uso de lentes por prescripción. Estos dispositivos tienen la ventaja de ser pequeños, ligeros y de operación simple.

El uso de estos respiradores en atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida o la salud está limitado a dispositivos específicos bajo condiciones particulares.

#### 5.2.1 Respiradores para vapor y/o gas.

##### Limitaciones:

No proporcionan Protección contra Partículas contaminantes. Un incremento de temperatura en el filtro de aire indica que el vapor o gas está siendo removido del aire inhalado. Una temperatura incómodamente alta indica que una alta concentración de gas o vapor está presente y se requiere el retorno a una atmósfera fresca. Su uso debe ser evitado en atmósfera donde la concentración da lugar a una Protección insatisfactoria (por ejemplo: olor, sabor, irritación a determinada concentración de contaminante en el aire). No debe usarse en atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida o la salud a menos que el dispositivo sea un respirador con fuerza motriz con provisiones de escape.

##### 5.2.1.1 Respirador de pieza facial completa.

Proporciona Protección contra irritación ocular además de la Protección respiratoria.

##### 5.2.1.2 Respirador de pieza bucal:

Se usa solo en condiciones de escape. La

respiración por medio de la boca evita la detección de contaminantes por su olor. La pinza nasal debe ser colocada seguramente en su lugar para evitar la respiración nasal. En un dispositivo pequeño y ligero y puede ser puesto rápidamente.

#### 5.2.2 Respiradores para Partículas.

##### Limitaciones:

Protegen solamente contra Partículas no volátiles. No se usa en atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida o la salud a menos que el respirador tenga fuerza motriz con provisión de escape.

##### 5.2.2 Respirador de pieza facial completa:

Proporciona Protección contra la irritación ocular, además de la Protección respiratoria.

#### 5.2.3 Respiradores de combinación para Partículas y para vapor y gas.

Las ventajas y desventajas de los respiradores de este tipo de combinación, son semejantes a las anteriormente descritas por cada una de las secciones que lo conforman.

#### 5.3 Combinación de respirador de suministro de atmósfera y purificador de aire.

Las ventajas y desventajas expresadas anteriormente para el modo de operación usado las definirán. El modo de operación con las mayores limitaciones (verificador de aire) determinará principalmente las capacidades y limitaciones totales del respirador y que por diversas razones el trabajador puede fallar y cambiar el modo de operación aunque las condiciones requieran tal cambio.

#### Apéndice "A" Deficiencia de Oxígeno.

Inmediatamente peligrosa para la vida o la salud. Una atmósfera que causa una presión parcial de oxígeno de 100 mm de Hg o menor en el aire fresco inspirado en la parte superior de los pulmones, el cual está saturado con vapor de agua, es clasificada, como "deficiente en oxígeno inmediatamente peligrosa para la vida o la salud". La razón para esta Clasificación es que una presión parcial de oxígeno de 100 mm Hg. En el aire fresco inspirado en la parte superior de los pulmones el cual esta saturado con vapor de agua, correspondiente a una presión parcial de oxígeno de 80 mm de Hg en los alvéolos de los pulmones con una presión parcial de dióxido de carbono de 40 mm de Hg, está presente en los alvéolos pulmonares, y a estas condiciones

alveolares la hemoglobina de la sangre alveolar está saturada al 99 % con oxígeno. Cuando el contenido del oxígeno de la hemoglobina de la sangre alveolar cae por debajo del 90 % de saturación se hacen presentes los síntomas de deficiencia de oxígeno.

La presión parcial de oxígeno del aire fresco inspirado en la parte superior de los pulmones el cual está saturado con vapor de agua es calculada usando la siguiente relación:

$$P_p = (P_a - 47) \times F_d$$

Donde:

$P_p$  = presión parcial de oxígeno en el aire fresco inspirado en la parte superior de los pulmones en mm de Hg.

$P_a$  = presión del aire atmosférico 47 mm de Hg.

$F_d$  = fracción decimal del volumen de oxígeno del aire atmosférico en el área de trabajo.

NOTA: 47 mm Hg es la presión parcial de vapor de agua en el aire en la parte superior de los pulmones el cual está saturado con vapor de agua.

La concentración de oxígeno en el aire atmosférico normal es 20.95 % en volumen.

Ejemplos de cálculos.

1.- Determinar la presión parcial de oxígeno en la parte superior de los pulmones (x) de una persona, en un área de trabajo a nivel del mar cuando el aire atmosférico en el área de trabajo tiene una concentración de oxígeno normal.

- La presión del aire atmosférico al nivel del mar es 760 mm Hg.

- La concentración de  $O_2$  en el aire atmosférico normal es 20.95 % en volumen.

$$x = (760 - 47) (0.2095) = 149 \text{ mm Hg.}$$

2.- Determinar la presión parcial de oxígeno en la parte superior de los pulmones (x) de una persona, en el área de trabajo a 1500 m sobre el nivel del mar cuando el aire atmosférico tiene una concentración normal.

- La presión del aire atmosférico a 1500 m sobre el nivel del mar es 632.7 mm Hg.

$$x = (632.7 - 47) (0.2095) = 122.7 \text{ mm Hg.}$$

3.- Determinar la presión parcial de oxígeno en

la parte superior de los pulmones (x) de una persona en una área de trabajo a una altitud de 3200 m con una concentración normal de oxígeno.

- Presión atmosférica a 3200 m = 522.7 mm Hg.

$$x = (522.7 - 47) (0.2095) = 99.66 \text{ mm Hg.}$$

4.- Determinar la presión parcial de oxígeno en la parte superior de los pulmones (x) de una persona, en una área al nivel del mar, con una concentración de oxígeno en el aire atmosférico de 14.0 % del volumen.

$$x = (760 - 47) (0.14) = 99.82 \text{ mm Hg.}$$

#### 6. Bibliografía.

6.1 American National Standard Institute Z-88.2-1980. Practices for Respiratory Protection.

6.2 NOM-STPS-010, "Relativo a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Produzcan, Almacenen o Manejen Sustancias Químicas, Capaces de Generar Contaminación en el Ambiente Laboral", del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

#### TRANSITORIOS

1. La presente publicación surte efecto al día siguiente en que quede hecha en el Diario Oficial de la Federación.

2. El plazo de 90 días para que los interesados presenten sus comentarios a este Comité Consultivo Nacional de Normalización y durante el cual estará a su disposición los análisis a que se refiere al artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se computará a partir del día en que surta efectos la presente publicación.

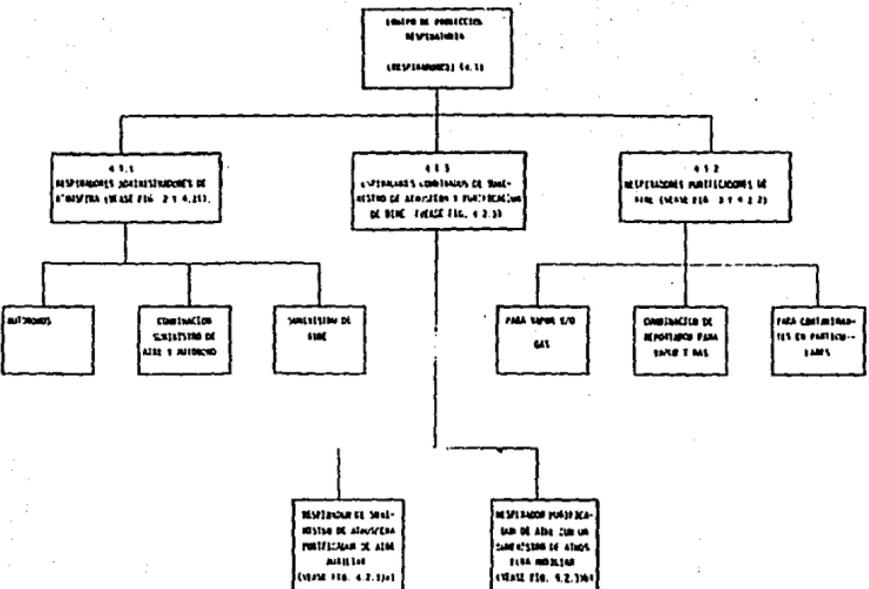
3. El domicilio en el que podrán presentar los comentarios y consultar los análisis mencionados en el anterior punto es el sito en Av. Azcapotzalco La Villa No. 209, Barrio de Santo Tomás, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02020, México, D. F.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D. F., a los 7 días del mes de julio de mil novecientos noventa y tres.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, Juan Antonio Legaspi Velasco.- Rúbrica.

## 4.1 CLASIFICACION DE LOS RESPIRADORES DE ACUERDO A SU MODO DE OPERACION.

FIGURA 1





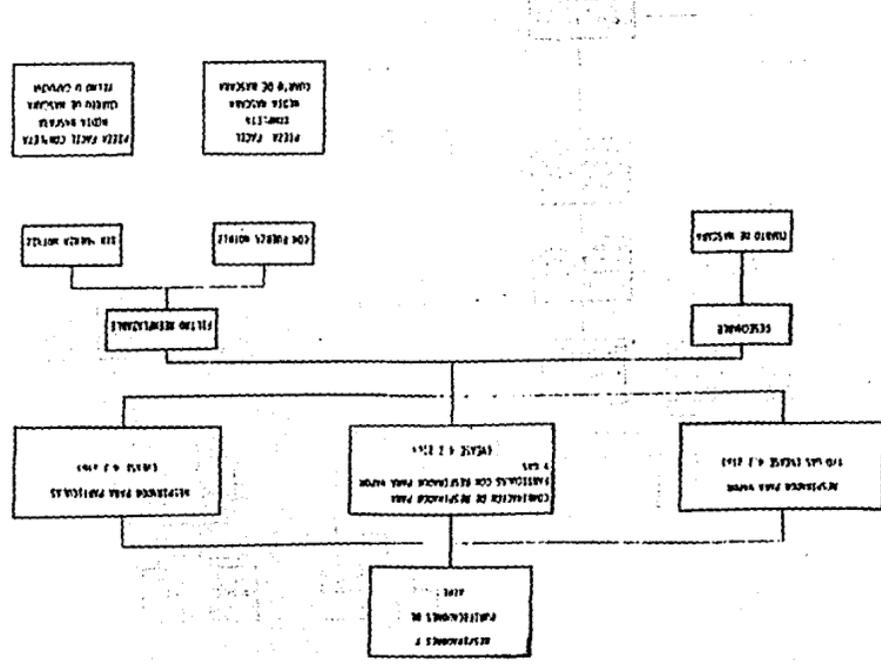


FIGURA 3

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-080-STPS-1993, higiene industrial-medio ambiente laboral-determinación del nivel sonoro continuo equivalente, al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE LABORAL.

JUAN ANTONIO LEGASPI VELASCO,  
Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre

## BIBLIOGRAFIA

1. BARGALLO, Modesto.  
Tratado de Química Inorgánica  
Fundamental y sistemática.  
Porrúa, México, 1962.
2. COTTON F. Albert., GEOFFREY, Wilkinson.  
Química Inorgánica Avanzada.  
Limusa-Willey,  
México, 1971.
3. E.R. Riegel.  
Química Industrial  
Grijalbo, España, 1964.
4. MOLINARI, Héctor.  
Química General y Aplicada a  
la Industria Química Inorgánica.  
Tomo I., 2a. edición.  
Gustavo Gili, Barcelona.
5. TEGEDER Fritz y MAYER, Ludwig.  
Métodos de la Industria Química.  
Reverté, Barcelona, 1987.
6. OTTO, Lange.  
Química Industrial.  
Ed. Manuel Marín, España, 1956.
7. GRAUGER BROWN, George.  
Operaciones Básicas de la  
Ingeniería Química.  
Ed. Marín, España, 1965.
8. PEMEX. Complejo Petroquímico de Cosoleacaque.  
Cuaderno Informativo de la Organización del complejo.  
México, 1978.
9. N. IRVING, Sax.  
RICVHARD J. Lewis, Jr.  
Dangerous Properties of Industrial Materials  
Van Nostrand Rein Hold.  
N.Y., 1988.

10. Manual de Prevención de Accidentes para Operaciones Industriales. Consejo Interamericano de Seguridad. Editorial MAPFRE, Madrid, 1974.
11. PHIL y FUHNER. Toxicología Médica. Manual para médicos, farmacéuticos y químicos. Científico Médica. España, 1956.
12. DREISBACH, Robert. Manual de Envenenamientos: Prevención, diagnóstico y tratamiento. 4a. edición, El Manual Moderno, México, 1981.
13. PETER, Lawin. Cuidados Intensivos 2a. edición, Salvat, Barcelona, 1991.
14. GANDARIAS, Ferdinand. Fisiología especial aplicada Científico Médica. Barcelona, 1978.
15. J.A. Gisbert y Calabuig. Medicina Legal y Toxicología. 4a. edición, Salvat, Barcelona, 1991.
16. Manual de Protección Contra Incendios. National Fire Protection Association. 16a. edición. MAPFRE, España, 1987.
17. R.H. Roberts, S.E. Handman. Safety Guidelines. Minimize Ammonia Releases Hydrocarbon Processing. Marzo 1986, Vol. 65, No. 3.
18. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de 28 de enero de 1988.

19. Poder Ejecutivo. Secretaría de Gobernación. Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología expiden el segundo listado de Actividades altamente riesgosas. Diario Oficial de la Federación. Mayo 4 de 1992.
20. Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 1993.
21. Guía 1986 sobre Respuestas Iniciales en caso de emergencias causadas por mercancías peligrosas. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Programa de Salud Ambiental. Organización Panamericana de Salud. Organización Mundial de la Salud.
22. Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas, Pruebas y Criterios. 2a. edición. Naciones Unidas, 1988.
23. Control de Riesgos de Accidentes Mayores Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra. 1a. edición, 1990.
24. HAMID R. Kavianinan y CHARLES A. Wentz Jr. Occupational and Environmental Safety Engineering and Management. Van Nostrand Reinhold, N.Y., 1990.
25. H. PERRY, Robert y W. GREEN, Don. Chemical Engineers' Handbook. Sixth edition. McGraw-Hill Book Company. 1984.
26. NOYES, Robert. Handbook of Pollution Control Processes. Noyes Publications, New Jersey, 1991.
27. G. Weiss Hazardous Chemicals Data Book 2a. edición, Noyes Data Corporation, U.S.A, 1986.

28. HERBERT F. Lund.  
Industrial Pollution Control Handbook.  
1a. edición,  
McGraw-Hill, N.Y., 1971.
29. A. CROWL, Daniel.  
F. LOUVAR, Joseph.  
Chemical Process Safety, Fundamentals  
with Applications.  
Prentice Hall, New Jersey, 1990.
30. Guidelines for Chemicals Process  
Quantitative Risk Analysis  
Center for Chemical Process Safety  
of the American Institute of Chemical  
Engineers.  
New York, 1989.
31. Manual Ahmsa para construcción con acero.  
Altos Hornos de México, S.A. de C.V.  
Ahmsa.
32. LUIGI, Piatti.  
Materiales de la ingeniería química.  
1a. edición, Ed. Urmo, 1973.
33. F.A. Gifford.  
"Use of Routine Meteorological Observations  
for Estimating Atmospheric Dispersion".  
Nuclear Safety, Vol. 2.  
No. 4, 1961.
34. F. Pasquill.  
Atmospheric Diffusion.  
Van Nostrand, London, 1962.
35. D. BRUCE, Turner.  
Dispersion Estimates.  
Cincinnati: U.S. Department  
of Health, Education and Welfare,  
1970.
36. Sistemas Heurísticos S.A. de C.V.  
Modelos Atmosféricos para simulación de  
contaminación y riesgos en industrias.  
Manual SCRI, Versión 1.02, México, 1989.

37. W. PROUGH, Richard and W. JOHNSON, Robert.  
Guidelines for Vapor Release Mitigation  
American Institute of Chemical Engineers,  
New York, 1988.
38. ALAN, S. Foust.  
Principios de Operaciones Unitarias,  
2a. edición,  
Ed. Continental, México, 1987.
39. Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos,  
Curso Análisis de Riesgo, Octubre 1993.
40. Instituto Mexicano del Petróleo  
Diplomado: Manejo de Materiales  
Peligrosos e Higiene Industrial, 1990.
41. Análisis de Seguridad en Procesos  
Celanese Mexicana SA de CV.  
3a. edición, 1990.
42. KLIP MOSHINSKY, Abraham.  
Instituto Mexicano de Ingenieros  
Químicos y Químicos. SERIES TECNICAS.  
Comité Permanente de Seguridad Industrial,  
Eliminación de Peligros Potenciales en  
Procesos Químicos. Una técnica sistemática  
para identificarlos, evaluarlos y eliminarlos.  
No. 1, 1987.
43. HARTLEY, Harold.  
Nomograms for Chemical Engineers.  
London/Heywood and company Ltd.  
1958.
44. Reglamento para el Transporte terrestre  
de Materiales y Residuos Peligrosos.  
Imprenta Bio Bio, 1993.
45. Flow of Fluids through valves,  
fittings, and pipe.  
Engineering Division Crane,  
Chicago, 1965.
46. H.F. Rase.  
Ingeniería de Proyectos para  
plantas de proceso,  
7a. edición.