



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES (EMPRESAS E  
INSTITUCIONES DE PRODUCCION Y DE SERVICIOS).  
MEDIDAS DE PREVENCION Y CORRECCION ANTE EL RIESGO  
DE UN DERRAME EN EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE  
DE AMONIACO"

**TRABAJO DE SEMINARIO**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERA QUIMICA**  
P R E S E N T A :  
**SUGEIL LIERA RUIZ**

ASESOR: DR. ARMANDO AGUILAR MARQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2005.

m 344984



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE  
MEXICO



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de Producción y de Servicios). "Medidas de prevención y corrección ante el riesgo de un derrame

en el Almacenamiento y transporte de Amoniaco"

que presenta la pasante: Sugeil Liera Ruíz

con número de cuenta: 9660552-7 para obtener el título de:

Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de Noviembre de 2004

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Dr. Armando Aguilar Márquez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Jorge Altamira Ibarra</u>	<u>[Firma]</u>



---

## DEDICATORIA

A ti mi Dios, por estar a mi lado en los momentos difíciles y reconfortar mi alma para seguir luchando.

A mi padre por su ejemplo de vida, por su infinito amor y por creer en mí:

Faustino Liera Legorreta.

A mi madre por su paciencia, apoyo y por educarme con disciplina durante mi formación académica:

Martha Ruiz Valencia.

A los seres más hermosos:

Amellaly Liera Ruiz

Berenice Liera Ruiz.

A mis tíos, que siempre me han apoyado con sabiduría, respeto y cariño:

Gloria Ruiz Valencia

Isabel Ruiz Valencia

Miguel Gutiérrez García

Modesto Liera Legorreta:

A mis abuelitas, por consentirnos tanto:

María de Jesús Valencia

Elvira Legorreta Gómez.

A mi hermano, que fue siempre un soñador:

(†) Salvador Liera Juárez.



---

## DEDICATORIA

A mis primos, por ser un ejemplo de perseverancia y compartir sus momentos de alegría y tristeza:

Jorge, Lola, Goya, Abel, Gaby, Paty, Lupita, Male, Blanca,  
Miguel, Tavo, Lili, Bochi, Horacio, Susi, Ricardo y Juan de Dios.

A mis amigos, quienes siempre me brindaron su apoyo, confianza, y fortaleza:

Erica Moreno, Marisol Cruz, Brenda Flores, Rocío Mtz.,  
a los de la barda Marco Antonio (bambino), Antonio (el negro),  
Juan Carlos (la reja), Arturo (Cho-che), Lupita (la wanda), Yolanda Vázquez,  
Marquitos, Víctor Garaméñdi, Luis Antonio (marino), Omar Caballero, Giselle  
Chávez, Violeta Maya, Olga L. Sánchez, Carmen Olmos, Fabiola González, Blanca  
Yañez, Adriana Peña, Rufino García, Bety García, Omar Cruz, Elizabeth Ángeles,  
Imelda Arredondo, Armando Morales, Horacio Flores, Octavio Tapia, Lourdes  
Gaona, Marisela Peña, Enrique Herrera y José J. Peza.

A la dirección de Ecología, por ser parte de un equipo de trabajo tan bonito:

Ing. Mónica Vulling, Ing. Adalberto Jurado,  
Biol. Lina Rebolledo, Biol. Rocío Zamudio, Isela Alonso y Hortensia Rosas.

A la familia Flores Hernández, por adoptarme como parte de su familia y a la familia  
Alcántara, por el cariño que nos unió.

A la U.N.A.M y a sus profesores:

Prof. Fernando Orozco.  
Dr. Armando Aguilar Márquez.



---

ÍNDICE	3
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
HIPÓTESIS	10

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y APLICACIÓN DEL AMONIACO**

1.1 Historia del amoníaco	11
1.1.1 Proceso industrial de Haber	11
1.1.1.1 Efecto de la presión	14
1.1.1.2 Efecto de la temperatura	14
1.1.2 Variables que afectan la síntesis de amoníaco	15
1.2 Síntesis de amoníaco a partir de gas natural	16
1.2.1 Steam Reforming	17
1.3 Propiedades físicas de amoníaco	20
1.3.1 Reacciones más importantes	21
1.3.2 Reacciones explosivas con amoníaco	22
1.3.3 Uso industrial	23

## **CAPÍTULO 2. INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA LA APLICACIÓN A LOS ALMACENAMIENTOS DE AMONIACO ANHIDRO**

2.1 Generalidades	24
2.1.1 Campo de aplicación	24
2.1.2 Definiciones	24
2.1.3 Tipos de almacenamiento	25
2.1.4 Inscripción	25
2.1.4.1 Memoria técnica	26
2.1.4.2 Planos	26



---

2.2	Emplazamiento y distancias	27
2.2.1	Emplazamiento	27
2.2.2	Distancias	27
2.3	Obra civil	29
2.3.1	Cimentaciones	29
2.3.1.1	Condiciones del terreno	29
2.3.1.2	Formas de cimentación	30
2.3.1.3	Diseño	31
2.3.1.4	Control de asentamientos	31
2.3.2	Cubetos	32
2.3.2.1	Características generales	32
2.3.2.2	Capacidad	33
2.4	Diseño, construcción, inspecciones y pruebas	34
2.4.1	Diseño	34
2.4.1.1	Grado de llenado máximo	34
2.4.2	Datos de diseño	35
2.4.3	Códigos de diseño	35
2.4.4	Materiales	36
2.4.5	Elementos de seguridad	36
2.4.6	Construcción	38
2.4.7	Inspecciones y pruebas	39
2.4.7.1	Características generales	39
2.4.7.2	Inspecciones y pruebas iniciales	40
2.4.7.3	Inspecciones y prueba de reparaciones o modificaciones	41
2.4.7.4	Inspecciones y pruebas periódicas	42
2.4.7.5	Periodicidad	43
2.5	Medidas de seguridad	44
2.5.1	Instalaciones de seguridad	44



2.5.2 Equipo de protección personal	46
2.5.2.1 En operación	46
2.5.2.2 En emergencia	46
2.5.3 Formación del personal	47
2.5.4 Plan de revisiones	47
2.5.5 Determinación de amoníaco en aire del medio ambiente laboral	48

### **CAPÍTULO III. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) DE AMONIACO**

3.1 Generalidades	50
3.1.1 Niveles de protección personal	50
3.1.1.1 Nivel A	50
3.1.1.2 Nivel B	51
3.1.1.3 Nivel C	52
3.1.1.4 Nivel D	53
3.2 Protección personal	54
3.2.1 Protección para la cara	54
3.2.2 Protección para los ojos	54
3.2.3 Protección para los oídos	54
3.2.4 Protección para los miembros superiores	54
3.2.5 Protección para los miembros inferiores	55
3.2.6 Protección cutánea	55
3.2.7 Protección respiratoria	56
3.2.7.1 Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA)	57
3.2.7.2 Equipo autónomo como cilindro de oxígeno	59
3.2.7.3 Equipo autónomo autogenerador de oxígeno	60
3.3 Uso de ropa de protección	61
3.3.1 Ropa completamente encapsulada	61
3.3.1.1 Requisitos del equipo de protección química	63
3.3.2 Ropa protectora para bomberos profesionales (SFPC)	64
3.4 Recomendaciones para la reducción de estrés antes de las operaciones	65





---

## **CAPÍTULO IV. PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN ANTE LOS RIESGOS EN EL MANEJO DE AMONIACO**

4.1	Objetivos de la seguridad, higiene industrial y control ambiental	68
4.1.1	Información reglamentaria	68
4.1.2	Frases de riesgo	68
4.1.3	Frases de seguridad	69
4.1.4	Número de identificación	69
4.1.5	Control de exposición	70
4.1.6	Información reglamentaria para el transporte de amoniaco	71
4.1.6.1	Requisitos de empaque y transporte terrestre	71
4.1.7	Requisitos de empaque y transportación marítima	74
4.1.8	Requisitos de empaque y transportación aérea	74
4.2	Distancia de aislamiento inicial y distancias de acción protectora (RIT)	76
4.2.1	Distancia de aislamiento inicial	76
4.2.1.1	Tabla de aislamiento inicial y distancias de acción protectora (RIT)	77
4.2.1.2	Como usar la tabla de aislamiento inicial y distancias de acción protectora	78
4.2.1.3	Material con Riesgo de Inhalación Tóxica (RIT)	81
4.3	Control de incendios	82
4.3.1	Incendio de tipo B	83
4.3.2	Medidas para combatir un incendio	83
4.3.3	Respuesta a emergencia	85
4.3.3.1	Incendios pequeños	85
4.3.3.2	Incendios grandes	85
4.3.3.3	Incendios que involucran tanques	85
4.3.3.4	Derrame o fuga	85
4.3.3.5	Métodos de limpieza	88
4.3.3.6	Control de vapor	88



4.3.3.7 Técnicas para reducir riesgos en los accidentes de sustancias corrosivas	89
4.3.4 Agentes extintores	91
4.3.4.1 Agua	91
4.3.4.2 Espuma	91
4.3.4.3 Bióxido de carbono	92
4.3.4.4 Sustancias químicas secas	92
4.3.4.5 Carbón activado	92
4.3.5 Sistemas de extinción de incendios	93
4.3.5.1 Sistemas portátiles	93
4.3.5.2 Sistemas semiportátiles	93
4.3.5.3 Sistemas fijos	94
4.3.5.4 Sistemas general contraincendio	94
4.3.5.5 Sistemas de aspersión de agua	94
4.3.5.6 Sistemas de rocío de agua	94
4.3.5.7 Sistemas de espuma	95
4.3.5.8 Sistemas de bióxido de carbono	95
4.3.5.9 Sistemas de polvo químico seco (para compuertas)	95
4.3.5.10 Sistemas de gas inerte (para embarcaciones tanque)	96
4.4 Riesgos a la salud	97
4.4.1 Inhalación	97
4.4.2 Contacto con los ojos	98
4.4.3 Contacto con la piel	98
4.4.4 Ingestión	98
4.4.5 Carcinogenicidad	98
4.4.6 Mutagenicidad	99
4.5 Acciones de emergencia	99
4.5.1 Primeros auxilios	99
4.5.2 Inhalación	99
4.5.3 Ojos	100
4.5.4 Piel	100



4.5.5 Ingestión	100
4.6 Acciones de protección	101
4.6.1 Evacuar	101
4.6.2 Protección en el lugar	101
4.6.3 Organización /Dependencia	102
4.6.4 Número de teléfono de respuesta en caso de emergencia	102
4.6.5 Ayuda Nacional	103
4.6.6 Centro Nacional de Respuesta (NRC)	104
4.6.7 Embarques militares	105

## **CAPÍTULO V. LEGISLACIÓN**

5.1 Antecedentes	106
5.2 Legislación mexicana	109
5.2.1 Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEPA)	111
5.2.2 Ley Orgánica de la Administración Pública Federal	111
5.2.3 Ley de Metrología y Normalización	111
5.2.4 Ley de Comercio Exterior	111
5.2.5 El Reglamento de la Secretaría del Trabajo y Previsión	112
5.2.6 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	112
5.2.7 La Secretaría de Comunicaciones y Transporte	116
5.2.8 La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT)	118
5.2.9 La ley General de Protección Civil	119
5.3 Legislación Internacional	119
5.4 Definiciones	120
5.5 Plan general de la seguridad industrial	120
CONCLUSIONES	122
REFERENCIAS	123



---

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el país necesita adoptar el reto de trabajar con estándares de calidad, en sus diferentes áreas productivas. Por esta razón, la ingeniería se integra y participa, en el desarrollo de sistemas organizacionales para que se constituya una fuerte cultura de servicio que sea adecuada a la peculiaridad de los mexicanos. Para satisfacer las necesidades del sector industrial del país, requiere de una infraestructura capaz de procesar, transportar, almacenar y distribuir productos químicos en forma eficiente y segura. Por lo que las mejoras de calidad de los productos y servicios tienen un compromiso que los lleva al proceso de la mejora continua y de ahí a la aplicación de sistemas de aseguramiento de calidad, éste sistema incluye todas las fases del ciclo de vida de un producto (mercadotecnia e investigación de mercados, diseño, optimización de productos, ventas, instalación, operación, empaque, almacenamiento, asistencia técnica y desecho al finalizar la vida útil).

El reducir la posibilidad que sucedan catástrofes como incendios, fugas de gases tóxicos, derrames y explosiones ocasionando pérdidas lamentables de vidas humanas, materiales y el daño irreversible al medio ambiente, han sido una de las principales tareas del ser humano a través de la historia. La capacitación del personal, la aplicación oportuna y programada de procedimientos operativos y de mantenimiento, así como la existencia de conocimiento y aplicación de planes de seguridad ayudarán a minimizar los riesgos de un accidente, en el almacenamiento y transporte de amoníaco anhídrido y anhidro.

El Instituto Nacional de Ecología, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y otras entidades Normativas Nacionales e Internacionales como la NFPA (National Fire Protection Association), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y EPA (Environment Protection Agency), han editado una serie de recomendaciones necesarias que deberán cumplir todas aquellas empresas, que requerirán de la existencia o servicio de este tipo de instalación.



---

## OBJETIVOS

- ✓ El compromiso con la comunidad en general, en materia de seguridad y salud para prevenir accidentes graves, protegiendo así la salud de los trabajadores y al medio ambiente.
- ✓ Auxiliar a los interesados o responsables de la aplicación de la seguridad, en el almacenamiento y transporte de amoníaco anhídrido y anhidro, describiendo los elementos básicos de un plan de seguridad con el que deberá contar su organización, para la prevención y control de accidentes, de acuerdo a la normatividad vigente.
- ✓ Proponer medidas de seguridad e higiene en el lugar de trabajo para responder y corregir los riesgos de un derrame, fuga o incendio de amoníaco anhídrido o en su caso anhidro en el almacenamiento y transporte en alguna situación de emergencia.

## HIPÓTESIS

- ✓ Con la aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad en el manejo de amoníaco se optimiza y se obtiene un excelente desempeño para prevenir, controlar y corregir a tiempo accidentes, evitando tiempo y gastos innecesarios, incrementando así la eficiencia de una empresa almacenadora y transportadora de amoníaco, logrando la mejora continua.



## CAPÍTULO I

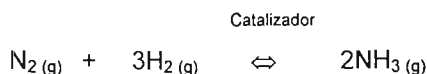
En este primer capítulo se describe la utilidad y la importancia que tiene este producto químico amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

### 1.1 Historia del amoníaco

Vamos a realizar un breve recorrido por la historia del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). La producción de sales de amonio se conocía en Egipto desde el siglo IV AC, sin embargo, Priestly lo produjo por primera vez, como un compuesto puro, en 1774. En 1912, el químico alemán Fritz Haber desarrolló un proceso para sintetizar amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Para 1913, en Alemania Carl Bosch, Ingeniero Químico colega de Haber, diseñó el primer proceso industrial catalítico a elevada presión y temperatura. El proceso Haber-Bosch, que produjo dos premios Nobel, es todavía esencialmente la única fuente de producción de amoníaco en todo el mundo, sólo que se ha mejorado la generación de hidrógeno y el uso de la energía involucrada, mediante el reciclado de gases y calor.

#### 1.1.1 Proceso industrial de Haber

El proceso Haber consiste en mezclar nitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) en un tanque de alta presión, aproximadamente 300 bar, en presencia de un catalizador (Hierro, Níquel, Zinc, Osmio ó Uranio), con promotores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  a una temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , en estas condiciones los dos gases reaccionan para formar amoníaco.





En el equilibrio anterior la reacción es reversible, hacia la derecha exotérmica y hacia la izquierda endotérmica. Por tanto, sería mejor, efectuar el proceso a baja temperatura favorecen al producto, pues a alta temperatura se favorece la reacción endotérmica (**principio de Le Chatelier**) y se descompone el amoníaco. Esto se demuestra por el gran descenso en la constante de equilibrio: de  $6.8 \times 10^5/\text{atm}^2$  a  $25^\circ\text{C}$  a  $7.8 \times 10^{-5}/\text{atm}^2$  a  $450^\circ\text{C}$ , una variación de diez ordenes de magnitud.

Haber descubrió que el óxido de hierro se reducía a hierro poroso en la atmósfera de hidrógeno del reactor, y que el hierro reducía la energía de activación de la reacción. Como resultado, la reacción tenía lugar más rápidamente a temperaturas moderadamente bajas. Sin embargo la presencia de un catalizador acelera las reacciones directa e inversa a la vez, dejando la constante de equilibrio inalterada.

De aquí la importancia de emplear **catalizadores** de hierro muy puro, con algo de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que aceleran muchísimo el proceso. El catalizador industrial consiste en un fundido de óxidos de hierro (60-70 %Fe) mezclados con óxidos de Al, Ca, Mg y K, de tamaño de partícula 6-20 mm. El catalizador se activa por reducción, proceso en el que se forman partículas de Fe que presentan una serie de poros conectados entre sí, con una superficie interior del poro de  $10\text{-}20 \text{ m}^2/\text{g}$ . Esta superficie esta particularmente recubierta de promotores.

El paso determinante de la velocidad es la disociación de las moléculas de nitrógeno enlazadas a la superficie del catalizador: la velocidad de reacción es independiente de la presión de hidrógeno y de primer orden con respecto al  $\text{N}_2$ . Los factores que caracterizan a la síntesis, serán la presión, la temperatura y la actividad del catalizador. De ellos dependerá el rendimiento en amoníaco, es decir, el porcentaje de amoníaco en la mezcla gaseosa que sale del reactor.



---

Por tratarse de una reacción de tan alta molecularidad, habrá de ser poco rápida en condiciones ordinarias, pues es pequeñísima la probabilidad de que en un mismo punto del espacio coincidan activadas, tres moléculas de hidrógeno y una de nitrógeno. Para acelerarla se puede elevar la temperatura, que de acuerdo con la teoría cinética favorecerá las probabilidades de encuentro con las moléculas. Pero como la reacción es fuertemente exotérmica, el aumento de temperatura, que es favorable desde el punto de vista cinético, resultará perjudicial para el equilibrio. **Es preciso acudir a un catalizador que rebaje la temperatura de trabajo y permita una mejora en el aspecto cinético sin perjuicio del equilibrio.** La solución está en aplicar presiones elevadas, puesto que la reacción se produce con pérdida de volumen (4 moles dan sólo 2), han de ser muy sensibles a la presión.

La gran demanda de este producto y el que los reactivos sean gaseosos, gran volumen específico, imponen el método continuo. Así los gases reactivos pasarán continuamente por una torre cargada con el catalizador, el  $\text{NH}_3$  contenido en los gases resultantes se condensará y recogerá como producto anhidro o su concentración es pequeña, se disolverá en agua y se recogerá como disolución.





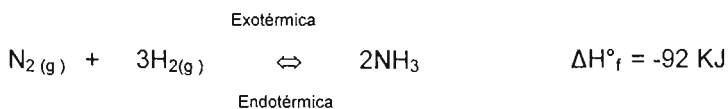
### 1.1.1.1 Efecto de la presión

De acuerdo con el principio de Le Chatelier, un equilibrio en fase gas responde a un incremento de presión tendiendo a cambiar en la dirección que minimiza el incremento. Como la formación de  $\text{NH}_3$  a partir de  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  reduce el número de moléculas de gas en el recipiente y, por tanto, la presión que ejerce la muestra, la composición en equilibrio tenderá a cambiar para favorecer la formación de productos. Por tanto, para incrementar el rendimiento de amoníaco en el proceso de Haber, la síntesis deberá llevarse a cabo a alta presión. El proceso industrial, de hecho, opera a presiones de 300 bar. Cuando la presión aumenta, una reacción en equilibrio tiende a desplazarse para reducir el número de moléculas en fase gas.

### 1.1.1.2 Efecto de la temperatura

El principio de Le Chatelier predice que en un equilibrio químico, como un equilibrio de solubilidad, responderá a un incremento de temperatura absorbiendo calor. Como la síntesis es exotérmica, la reacción inversa es endotérmica por lo tanto calentar la mezcla de equilibrio favorecerá la descomposición de  $\text{NH}_3$  a  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$ .

El efecto de la temperatura en los equilibrios se puede comprender viendo su efecto en las velocidades de reacción directa e inversa, cuanto mayor sea la energía de activación de una reacción, más sensible será su velocidad a la temperatura. Al aumentar la temperatura, la solubilidad del amoníaco disminuye rápidamente.





### 1.1.2 Variables que afectan la síntesis de amoníaco

Las siguientes variables afectan la síntesis del amoníaco:

**Presión de síntesis:** un incremento en la presión aumenta el porcentaje de amoníaco en el equilibrio y la velocidad de la reacción.

**Temperatura de síntesis:** mayores temperaturas aumentan las velocidades de reacción, pero disminuyen la cantidad de amoníaco en el equilibrio y aumentan la degradación térmica del catalizador.

**Velocidad espacial:** (la relación de la velocidad volumétrica de gas en condiciones normales con respecto al volumen de los catalizadores). El porcentaje de amoníaco en el gas existente disminuye al incrementarse la velocidad espacial. Sin embargo, el mismo volumen de catalizador a velocidades espaciales mayores puede producir más amoníaco (las velocidades espaciales normales para las operaciones comerciales son de 8,000 a 60,000 h<sup>-1</sup>).

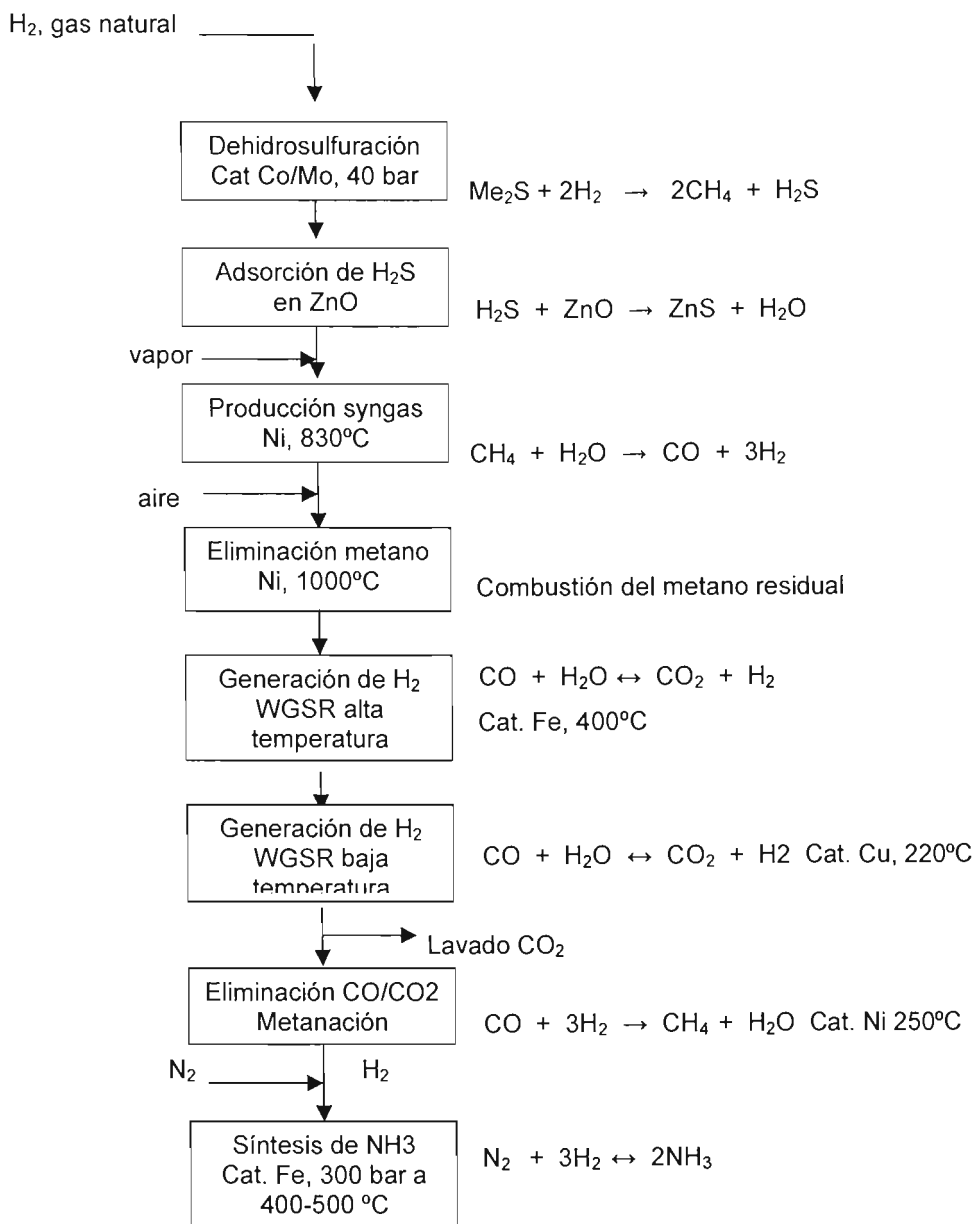
**Composición del gas de entrada:** sus efectos varían dependiendo de la concentración de los materiales inertes, la concentración de amoníaco y la relación de hidrógeno a nitrógeno. La mayoría de las instalaciones comerciales operan a una relación de hidrógeno a nitrógeno de 3:1; sin embargo, el óptimo puede ser algo inferior a esto.

**Tamaño de partícula del catalizador:** la actividad del catalizador aumenta al disminuir el tamaño de las partículas (el tamaño más común es de 6 a 10 mm).

La producción de amoníaco anhídrido sintético consta de tres etapas básicas: preparación del gas de síntesis, purificación y síntesis de amoníaco. En las primeras dos hay generación de hidrógeno, la introducción de nitrógeno en la proporción estequiométrica de síntesis y la eliminación de los venenos de los catalizadores (principalmente, dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua). Las síntesis de amoníaco incluyen la fijación catalítica de nitrógeno a temperaturas elevadas y altas presiones y la recuperación de amoníaco.



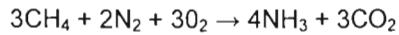
## 1.2 Síntesis de amoníaco a partir de gas natural





### 1.2.1 Steam reforming

La producción industrial de amoníaco es un proceso en ocho etapas, siendo la reacción global la siguiente:

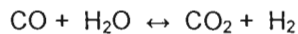


La energía termodinámica que se precisa para este proceso es de  $2 \times 10^7$  kJ/ton  $\text{NH}_3$ . La mayoría de la energía requerida puede ser cubierta mediante recuperación del calor.

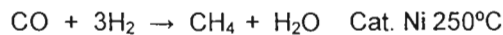
Se conoce como "steam reforming" la conversión de hidrocarburos en CO y  $\text{CO}_2$  por su reacción con vapor:



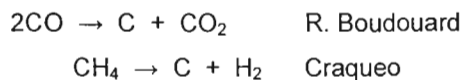
El objeto de este proceso es la generación de CO y/o hidrógeno a partir de una fuente de carbono y vapor. Una reacción asociada a este proceso es la de desplazamiento del gas de agua (WGSR):



Otra reacción de interés es la metanación, inversa a la del steam reforming:



También existen reacciones no deseadas relacionadas con este proceso, como la reacción de Boudouard o el craqueo del metano:





El catalizador, esta compuesto de un 15% de NiO y un 85% de MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. El catalizador se activa por reducción con hidrógeno. Una vez activado, el catalizador contiene partículas de Ni de diámetro entre 15-150 nm, con una área superficial de 5-6 m<sup>2</sup>/g. El gas suele contener 3.7 mol de H<sub>2</sub>O por mol de metano a una presión de 3.3 MPa (33 atm). El 63% del gas se emplea en la reacción, el 37% restante aumenta la temperatura. El gas sale del reactor a 1037°C, y esta formado por una mezcla que contiene 44% de H<sub>2</sub>O, 39% de H<sub>2</sub>, 5% CO, 6% CO<sub>2</sub> Y 6% CH<sub>4</sub>.

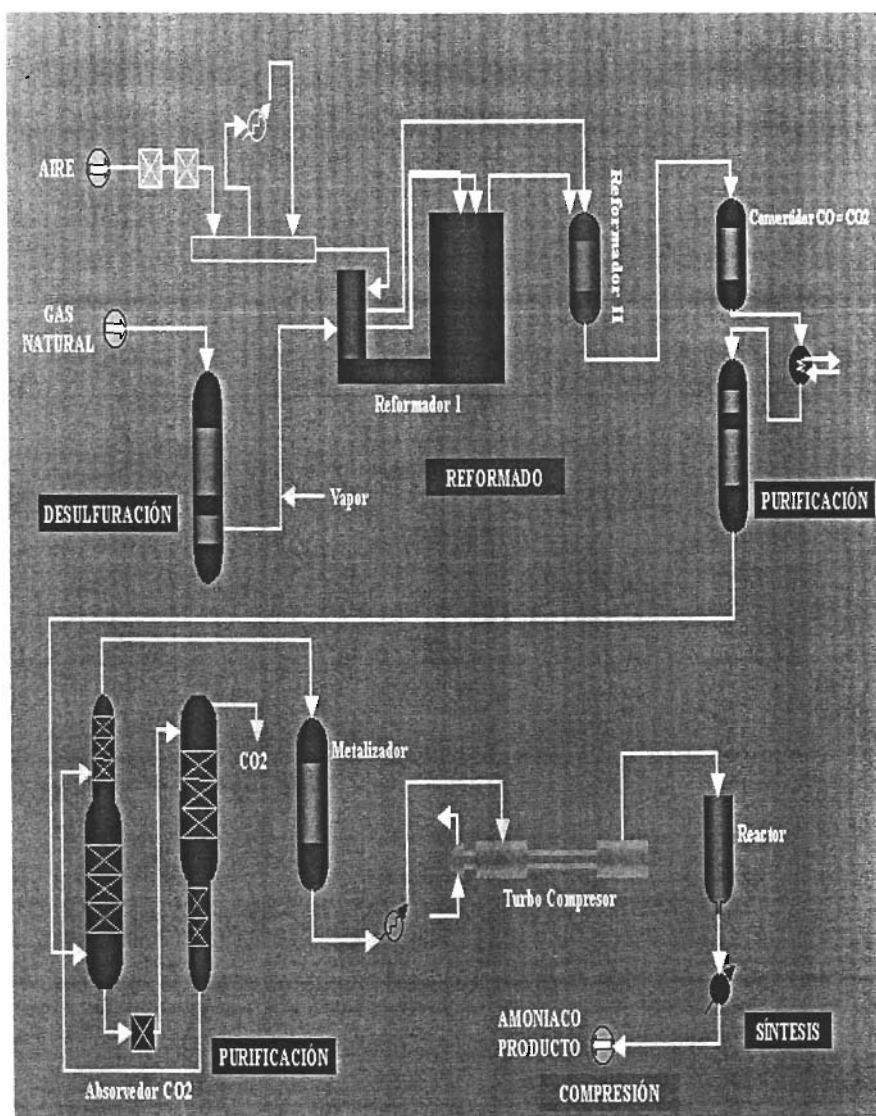
**Alúmina:** la adición de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> favorece la formación de superficies de hierro del tipo (III), que son altamente activas desde el punto de vista catalítico.

**Potasio u Óxido de potasio:** estos promotores se utilizan en procesos como la hidrogenación del CO o la síntesis de amoníaco. Son promotores electrónicos y su papel esta ligado a facilitar la disociación de estas moléculas, CO y N<sub>2</sub>. Estudios llevados a cabo sobre la quimisorción de nitrógeno sobre superficies de hierro han demostrado que bajas concentraciones de potasio incrementan el calor de adsorción de esta sustancia en 16 kJ/mol, mientras que la velocidad de reacción de este proceso aumenta 300 veces.

Estas sustancias (K, K<sub>2</sub>O) son muy electropositivas, lo que hace que puedan proporcionar densidad electrónica que fluye hacia el metal (hierro) y desde aquí hasta el adsorbato. Dicha densidad de carga esta dirigida al orbital antienlazante (LUMO). Este fenómeno, junto con la retrodonación Fe-adsorbato, hacen que se debilite el enlace N-N, facilitando su disociación.



Figura 1.1 Proceso Industrial de Amoniaco





### 1.3 Propiedades físicas del amoniaco

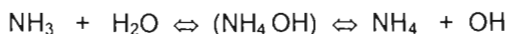
Nombre químico	Amoniaco
Nombre común	Amoniaco anhidro.
Fórmula	NH <sub>3</sub> .
Peso molecular	17.03
Composición	N <sub>2</sub> : 82.25% y H <sub>2</sub> : 17.75%
Temperatura de fusión	-77.7° C (Amoniaco anhidro)
Temperatura de ebullición	-33° C (Amoniaco anhidro)
Temperatura crítica	132° C
Temperatura de autoignición	630° C
Densidad relativa del gas (aire=1)	0.6
Densidad relativa del liquido (agua=1)	0.7
Presión de vapor a 20° C	8.6 bar
Solubilidad en agua	51(gr/100 ml a 20°C) se hidroliza
Solubilidad en agua a 20°C	Extremadamente soluble, 529 g/l
Solubilidad	Completamente soluble en agua. Soluble en Alcohol Etílico y Eter.
Apariencia y color	Gas incoloro
Olor	Amoniacaal
Rango de inflamabilidad (%de volumen en aire)	15-30
Calidad comercial	99,5 por 100 de NH <sub>3</sub> .
Calidad para refrigeración	99,95 por 100 de NH <sub>3</sub> .
pH en solución acuosa al 1%	11.7 >6
Productos de combustión	Óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno y amoniaco gaseoso.
Nota: a pesar que esta sustancia tiene datos de inflamabilidad, es difícil que entre en ignición en el aire y esta clasificada como no inflamable.	



### 1.3.1 Reacciones más importantes

Una de las reacciones más importantes es la oxidación que se forma nitrógeno y agua. El amoníaco gaseoso se oxida por acción de varios óxidos de los metales menos positivos (por ejemplo, óxido cúprico) al calentarse a temperatura relativamente altas. Con un catalizador platino-rodio, el amoníaco puede oxidarse y formar óxido nítrico y agua, siendo este un medio para obtener ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Los catalizadores de base metálica también se utilizan para ayudar a la oxidación del amoníaco, por lo regular no reaccionan los agentes reductores.

La reacción entre amoníaco y agua es reversible:



El amoníaco es una base comparativa débil, se ioniza en agua mucho menos que el hidróxido de sodio. El amoníaco acuoso también actúa como base en la precipitación de hidróxidos metálicos a partir de las soluciones de sus sales y forma iones complejos en solución con exceso de amoníaco. Tanto el potasio como el sodio metálico se disuelven para formar las amidas, por ejemplo,  $\text{NaNH}_2$ .

Otros metales como el magnesio, calcio, estroncio y bario forman los nitruros. Las reacciones con halógenos producen trihaluros inestables.

El amoníaco reacciona con cloro en solución diluida para formar cloraminas, una importante reacción de purificación de agua.





### 1.3.2 Reacciones explosivas con amoníaco

El amoníaco mezclado con muchos productos químicos puede generar reacciones violentas y peligrosas, por ejemplo:

- ✓ Reacciona violentamente y explosivos con los ácidos, agentes oxidantes fuertes, peróxidos y los halógenos.
- ✓ La oxidación de amoníaco a ácido nítrico, sobre platino en presencia de oxígeno puede resultar explosiva.
- ✓ No deben calentarse mezclas de amoníaco y carbonato de sodio en disoluciones de goma arábica, pues pueden explotar.
- ✓ Las disoluciones amoniacaes de plata al exponerse con aire o calor o al almacenarse por periodos largos de tiempo, se genera nitruro de plata el cual es explosivo. Al igual la recuperación de plata a partir de disoluciones amoniacaes de cloruro de plata por intercambio iónico; en disoluciones amoniacaes muy alcalinas (pH 12.9) de nitrato de plata; en el reactivo de Sommer y Market para identificar derivados de celulosa; en las disoluciones amoniacaes de azida de plata y al secarse la imida de plata. El mismo riesgo existe con sales de oro.
- ✓ Se ha informado de reacciones explosivas, usando amoníaco, durante la síntesis de 2,4-dinitroanilina, 2-nitroanilina y 15 N-urea. Reacciona con cinc y cobre.
- ✓ Las disoluciones acuosas concentradas de amoníaco reaccionan con yodo metálico para dar un precipitado de nitruro de yodo ( $\text{NI}_3$ ), el cual es un explosivo débil.
- ✓ El nitruro de azufre es un compuesto explosivo que se genera al reaccionar azufre o bicloruro de azufre con amoníaco.
- ✓ El amoníaco reacciona con mercurio en presencia de trazas de agua, generando compuestos explosivos, por lo que no debe utilizarse manómetros con mercurio al trabajar con amoníaco, pues existe el riesgo de explosión al despresurizar el sistema.
- ✓ Se ha informado de explosiones violentas durante el secado intensivo de amoníaco sobre perclorato de magnesio en los tubos de acero. Conexiones accidentales que pongan en contacto oxígeno y amoníaco en forma gaseosa.



- ✓ Al mezclar óxido de etileno y disoluciones acuosas de amoníaco, se inicia violentamente una polimerización.
- ✓ Con las siguientes sustancias pueden tener lugar reacciones con riesgo de **inflamación y explosión**: Acetaldehído, acroleína, boro, trifluoruro de boro, triyoduro de boro, bromo, pentafluoruro de bromo, cloro, trifluoruro de cloro, óxido de cloro, cloritos y cloratos, anhídrido crómico, trióxido de cromo, cloruro de cromilo, dicloruro de etileno, óxido de etileno, flúor, hexacloromelamina, ácido bromhídrico, ácido clórico, ácido hipocloroso, yodo, hidracina, perclorato de magnesio, ácido nítrico, peróxido de nitrógeno, tricloruro de nitrógeno, cloruro de nitrilo, difluoruro de oxígeno, pentóxido de fósforo, trióxido de fósforo, ácido pícrico, potasio en presencia de fosfina o de nitrito sódico, ferrocianuro potásico, cloruro de plata, sodio en presencia de monóxido de carbono, estibina, dicloruro de azufre, tricloromelanina, etc.

### 1.3.3 Uso industrial

El amoníaco se utiliza principalmente como fuente de nitrógeno en la generación de fertilizantes, como refrigerante, en la manufactura de ácido nítrico, hidrato de hidracina, cianuro de hidrógeno, acrilonitrilo y otros reactivos químicos como ácido sulfúrico, cianuros, amidas, nitritos, nitruración de acero, e intermediarios de colorantes, en la producción de monómeros de fibras sintéticas y otros plásticos. Como inhidor de la corrosión en la refinación del petróleo, estabilizador en la industria hulera, preventivo de látex; pulpación de la madera como reforzador de las fibras celulósicas, pilas electroquímicas, combustible de cohetes, alimento de levaduras, revelado de películas disocias y en otras industrias como la extractiva, alimenticia, peletera y farmacéutica.

Los usos de amoníaco son, 80% en fertilizantes, 20% en plásticos y fibras y 5% en explosivos comerciales y militares. Los grados comerciales incluyen  $\text{NH}_3$  líquido esencialmente puro, y amoníaco acuoso.



## CAPÍTULO II

En este capítulo se presenta una Instrucción Técnica Complementaria, estableciendo las prescripciones a las que se ajustarán los almacenamientos de amoníaco anhidro.

### 2.1 Generalidades

#### 2.1.1 Campo de aplicación

Esta instrucción técnica complementaria (ITC) es de aplicación a los almacenamientos de amoníaco anhidro, con excepción de los siguientes puntos:

1. Los integrados en procesos de fabricación.
2. Las cisternas de transporte y en general, los almacenamientos en envases móviles.
3. Las grandes tuberías para transporte (amonoductos).

#### 2.1.2 Definiciones

1. **Almacenamiento.-** Es el conjunto de recintos y recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener amoníaco anhidro, incluyendo los recipientes propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego y otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo.
2. **Amoníaco Anhidro.-** Gas licuado de contenido en amoníaco a 99.5% en peso.
3. **Cubeto.-** Cavidad capaz de retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos.
4. **Recipiente.-** Toda cavidad de almacenamiento, las tuberías no se consideran como recipientes.



**5. Recipiente a presión.-** Recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica superior a 0.5 bar.

**6. Tanque.-** Recipiente cerrado diseñado para soportar una presión interna manométrica no superior a 0.5 bar, generalmente de forma cilíndrica de eje vertical.

### 2.1.3 Tipo de almacenamiento

**1. Almacenamiento refrigerado.-** Es aquél en el cual la temperatura del amoníaco es aproximadamente  $-33^{\circ}\text{C}$ , pero inferior a la temperatura ambiente, con presión superior a la atmosférica.

**2. Almacenamiento semirrefrigerado.-** Es aquél en el cual la temperatura del amoníaco es sensiblemente a  $-33^{\circ}\text{C}$ , pero inferior a la temperatura ambiente, con presión superior a la atmosférica.

**3. Almacenamiento no refrigerado.-** Es aquél en el cual la temperatura máxima que puede alcanzar el amoníaco es igual a la máxima temperatura ambiente, con presión muy superior a la atmosférica.

### 2.1.4 Inscripción

El proyecto de la instalación de almacenamiento de amoníaco anhidro en edificios o establecimientos no industriales se desarrollará, como parte del proyecto general del edificio o establecimiento. Este proyecto será redactado y firmado por un técnico titulado competente que, cuando fuera distinto del autor del proyecto general, deberá actuar coordinadamente con éste y ateniéndose a los aspectos básicos de la instalación reflejados en el proyecto general del edificio o establecimiento. El Reglamento de almacenamiento de productos químicos esta compuesto por una memoria técnica y planos.



#### **2.1.4.1 Memoria técnica**

Debe de constatar, al menos los siguientes apartados:

- a) Almacenamiento y recipientes, describiendo sus capacidades, dimensiones y demás características, productos almacenados, presiones y temperaturas, tanto de servicio como máximas previstas, así como las normas o código de diseño utilizado.
- b) Sistemas, equipos y medios de protección contra incendios, definiendo las normas de dimensionado que sea de aplicación en cada caso y efectuando los cálculos o determinaciones en ellas exigidas.
- c) Otros elementos de seguridad, descubriendo sus características y, en su caso, protecciones de los materiales contra la corrosión y otros efectos peligrosos.
- d) Elementos de trasiego, sus características y dimensionado.
- e) Aspectos geográficos y topográficos del entorno, con especial incidencia en aquellos accidentes naturales que puedan presentar riesgo de desprendimiento de tierras o arrastre de las aguas, se indican las medidas de protección previstas en tales casos.
- f) Justificación del cumplimiento de esta Instrucción Técnica Complementaria o de las medidas sustitutorias previstas.

#### **2.1.4.2 Planos**

Deben de incluir, al menos los siguientes puntos:

- a) Mapa geográfico (preferentemente escalas 1:25 ó 1:50), en el que se señalarán el almacenamiento y las vías de comunicación, núcleos urbanos y accidentes topográficos relevantes existentes dentro de un círculo de 10 km de radio con centro en dicho almacenamiento.
- b) Plano general del conjunto, en el que se indicará las distancias reglamentarias de seguridad.
- c) Planos de las instalaciones en los que se señalen el trazado de la red contra incendios y la situación de todos los equipos fijos de lucha contra incendios y los sistemas de alarma, así como de otras instalaciones de seguridad.



- d) Planos de detalle de cada tipo de recipiente y de todos los sistemas de seguridad al mismo.
- e) Presupuesto.
- f) Instrucciones para el uso, conservación y seguridad de la instalación, en lo que respecta a las personas, los bienes y el medio ambiente.
- g) Junto con el certificado final de obra, se presentará certificado de construcción de los recipientes extendido por el fabricante.

## **2.2 Emplazamiento y distancias**

### **2.2.1 Emplazamiento**

Si el almacenamiento está próximo a instalaciones con riesgo de explosión, se estudiarán las medidas necesarias para evitar que pueda verse afectado por cualquier impacto. Se tendrá en cuenta la proximidad a vías de comunicación pública, construyéndose, en caso necesario, barrera de protección adecuada para caso de salida de vehículos de la calzada o de la vía.

Los almacenamientos se situarán al aire libre y no en el interior del edificio. Los servicios móviles de seguridad deberán poder acceder al almacenamiento desde dos puntos opuestos, preferentemente según la dirección de los vientos predominantes. Habrá acceso y espacio suficiente para circulación y maniobra de la maquinaria de mantenimiento.

### **2.2.2 Distancias**

En la tabla 2.1 se señalan las distancias mínimas exigidas entre tanques o depósitos de amoníaco anhidro y los diferentes lugares e instalaciones que se indican. La distancia se medirá, en línea recta, entre los puntos más próximos de lugar o instalación considerada y la proyección vertical sobre el terreno del tanque o depósito más cercano.



Cualquier reducción de las distancias mínimas de la tabla 2.1 requerirá la adopción de medidas de seguridad adicionales a las exigidas por esta Instrucción Técnica Complementaria. Dichas medidas complementarias serán justificadas en el proyecto.

**Tabla 2.1 Distancias mínimas a tanques o depósitos de amoníaco**

Vía de comunicación pública de circulación rápida: 20 metros.

Vía de comunicación pública de tráfico denso y con posibilidad de retenciones: 75 metros.

Lugar de concentración de personal de la propia factoría (edificio administrativo, comedor, vestuario): 50 metros.

Lugar de concentración del personal de establecimiento industrial ajeno a la propia factoría: 100 metros.

Agrupamiento de viviendas: 200 metros.

Local de pública concurrencia: 500 metros.

Tanque o depósito de producto inflamable de las clases A o B, según MIE-APQ-1, de capacidad superior a  $100 \text{ m}^3$ . Diámetro del tanque o depósito de producto inflamable (mínimo 25 metros).

Tanque de producto combustible de la clase C, según MIE-APQ-1, de capacidad superior a  $100 \text{ m}^3$ . Radio del tanque del producto combustible (mínimo 10 metros).

Nota: Para el resto de distancias se aplicarán las establecidas en la ITC-MIE APQ-1, considerando al amoníaco anhidro como producto de clase D.



## 2.3 Obra civil

### 2.3.1 Cimentaciones

#### 2.3.1.1 Condiciones del terreno

a. Antes de definir el emplazamiento exacto de tanques y depósitos determinarán la naturaleza y características previsible del terreno.

b. La cimentación de depósitos esféricos y tanques requerirá el estudio geotécnico del terreno para determinar su resistencia, asentamiento general y diferencial previsible y nivel freático. Para fijar los asentamientos admisibles se considerará:

- ✓ El tipo de tanque o depósito.
- ✓ El almacenamiento relativo entre la cimentación y las tuberías conexas al tanque o depósito.
- ✓ La uniformidad del subsuelo con respecto al asentamiento diferencial.

c. En lo posible se evitará la construcción de cimentaciones en:

- ✓ Terrenos en los que una parte de la cimentación quedaría sobre roca o terreno natural y otra parte sobre relleno o con profundidades variable de relleno o donde haya sido preciso una preconsolidación del terreno.
- ✓ Terrenos pantanosos o con material inestable en el subsuelo.
- ✓ Terrenos de dudosa estabilidad por proximidad a cursos de agua, excavaciones profundas, grandes cargas o fuertes pendientes.
- ✓ Terrenos en que los tanques o depósitos quedarían expuestos a posibles inundaciones que pudiesen dar lugar a flotación, desplazamiento o socavado.





### 2.3.1.2 Formas de cimentación

**A. Tanques:** los tanques se cimentarán sobre un anillo de hormigón armado según el perímetro del tanque, con material de relleno compactado en el espacio interior. Cuando las condiciones del terreno no lo permitan, se construirá una losa de apoyo de hormigón armado soportada por pilotes.

Entre fondo y cimentación se dispondrá un aislamiento resistente a la compresión y con bajo coeficiente de fricción que permita los desplazamientos relativos del fondo.

Para evitar la formación de hielo se dispondrá un sistema de calefacción bajo el aislamiento del fondo. Este sistema no será afectado por los asentamientos y debe prever la retirada parcial de los calentadores para mantenimiento. La temperatura se controlará por termopares situados en la cimentación e instalados de forma que puedan reemplazarse en caso de avería. El nivel freático debe quedar siempre por debajo de los calentadores.

La cimentación con la losa de hormigón armada por pilotes no necesitarán el sistema de calefacción si entre la superficie inferior de la losa y el terreno queda espacio suficiente para que haya circulación de aire.

**B. Recipiente a presión:** para recipiente a presión se construirán cimentaciones de hormigón armado. Los recipientes a presión cilíndricos de eje horizontal se podrán cimentar sobre zapatas aisladas y los recipientes a presión esféricos sobre anillo rígido o zapatas aisladas rigidizadas entre sí. En este caso, los asentamientos diferenciales serán uniformes en el perímetro, tolerándose una variación de carga en las patas de apoyo si lo permiten las condiciones de diseño.

La nivelación de los depósitos esféricos se realizará con la máxima precisión para que el ecuador quede horizontal y se logre un reparto uniforme de las cargas en las patas de apoyo.



### **2.3.1.3 Diseño**

Las cimentaciones se diseñarán según la normativa vigente relativa a las condiciones de diseño y ejecución de obras metálicas y de hormigón. Los cálculos tendrán en cuenta las condiciones de servicio y de prueba. En la hipótesis de simultaneidad exigida para las normas, los cálculos considerarán el peso propio del tanque o depósito y del aislamiento, contenido con amoníaco y con agua, acciones térmicas sobre la cimentación y efectos del viento, nieve y movimiento sísmico.

### **2.3.1.4 Control de asentamientos**

a. Los asentamientos se controlarán durante la prueba inicial según el código de construcción. En su defecto, se seguirá el siguiente procedimiento:

Se iniciará el llenado del tanque o depósito con agua a temperatura ambiente, hasta una cuarta parte de la capacidad total, y se realizarán medidas de asentamiento en cuatro posiciones equidistantes hasta que se estabilicen. Se continuará el llenado hasta la mitad de la capacidad y se efectuarán las mediciones en las mismas posiciones anteriores. Igual se hará con el tanque o depósito a las tres cuartas partes y totalmente lleno.

Cualquier asentamiento, diferencial o uniforme, de magnitud no prevista requerirá la interrupción inmediata de la prueba. El caudal de agua se regulará para que el incremento de nivel no supere 1 metro por hora.

b. En los depósitos esféricos también se controlará durante la prueba hidráulica la inclinación de las patas, comprobando que no se supere la máxima deformación admisible establecida en diseño.



## **2.3.2 Cubetos**

### **2.3.2.1 Características generales**

a. En el mismo cubeto podrán situarse uno o varios tanques o depósitos de amoníaco anhidro, no admitiendo almacenamiento de otros productos.

b. No podrán situarse en el mismo cubeto tanques y recipientes a presión.

c. Las paredes de los cubetos podrán ser de tierra, acero, hormigón u obra de fábrica, serán estancas y deberán resistir, como mínimo, la presión correspondiente a la altura del líquido. Las paredes de tierra de altura igual o superior a 1 metro deberán ser compactadas y tendrán en la parte más alta una anchura mínima de 50 cm. La pendiente de la pared de tierra será coincidente con el ángulo de reposo del material con que esté construida.

Los cubetos construidos con materiales porosos recibirán un tratamiento de impermeabilización.

d. Se procurará disminuir en lo posible la superficie del cubeto al objeto de reducir la vaporización del amoníaco líquido en caso de derrame.

e. Se dispondrán los medios necesarios para drenar el agua de lluvia que pueda quedar embalsada en el cubeto, la superficie tendrá una pendiente mínima del 1% hacia el pozo de drenaje.

El drenaje no se realizará directamente, sino mediante un dispositivo que impida el vertido del amoníaco en caso de derrame.

f. Las tuberías de almacenamiento que escurran por el interior de los cubetos tendrán la menor longitud posible. No se permitirán tuberías enterradas ni tuberías ajenas al almacenamiento dentro de los cubetos.

g. El cubeto dispondrá, como mínimo, de dos escaleras de peldaños estratégicamente situadas.

h. Los cubetos estarán rodeados, en una cuarta parte de su perímetro, como mínimo, por vías de acceso que tendrán 2.5 metros de anchura mínima, por vías de acceso que tendrán 2.5 metros de anchura mínima y la altura libre precisa para circulación y maniobra de la maquinaria de mantenimiento.



---

### 2.3.2.2 Capacidad

#### A) Almacenamientos refrigerados y semirrefrigerados:

La capacidad del cubeto será suficiente para retener el líquido que se calcule en el apoyo que no se evaporará instantáneamente en caso de colapso del tanque o recipiente a presión de mayor capacidad.

#### B) Almacenamientos no refrigerados:

La capacidad del cubeto será suficiente para retener el 50% de la capacidad del recipiente mayor en el contenido.



## 2.4 Diseño, construcción, inspecciones y pruebas

La disposición de este objetivo se refiere exclusivamente a tanques y recipientes a presión. Los demás elementos, equipos, tuberías e instalaciones que componen el almacenamiento se diseñarán y construirán, inspeccionarán y probarán según sus respectivas normas y códigos de diseño y construcción y las reglamentaciones específicas que les afecten.

### 2.4.1 Diseño

#### 2.4.1.1 Grado de llenado máximo

a) La capacidad máxima de un tanque o recipiente a presión se determinará de forma que el amoníaco anhidro líquido no ocupe más del 95% del volumen total, tras dilatarse al incrementar su temperatura hasta la máxima que pueda alcanzar en servicio.

b) Los grados de llenado máximo de amoníaco anhidro para tanques y recipientes a presión de los almacenamiento serán los siguientes, expresados en kilogramos de amoníaco anhidro por litro de volumen del tanque o recipiente a presión:

1. Almacenamiento refrigerado: 0.64 kg/l
2. Almacenamiento semi-refrigerado con temperatura máxima en servicio inferior a 5°C: 0.60 kg/l
3. Almacenamiento no refrigerado: 0.53 kg/l

Estos valores máximos se han determinado según la relación:

Grado de llenado máximo igual a 0.95 multiplicado por peso específico del amoníaco anhidro líquido a la máxima temperatura de servicio.

c) La capacidad máxima de un tanque o recipiente a presión se determinará por la siguiente fórmula:

Amoníaco anhidro (en kg) igual al volumen total (en l) multiplicado por el grado de llenado máximo (en kg/l), según el tipo de almacenamiento.



d) El porcentaje de llenado máximo del volumen de un tanque o recipiente a presión, en función de la temperatura del amoníaco anhidro que contiene, será el siguiente:

$$V= 100 \times (G/P)$$

Siendo:

V= Volumen máximo admisible, en porcentaje

G= Grado de llenado máximo, según el tipo de almacenamiento

P= Peso específico del amoníaco anhidro líquido a la temperatura a que se encuentre en el tanque o recipiente a presión

#### 2.4.2 Datos de diseño

- ✓ Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con las presiones y temperaturas más desfavorables que puedan producirse en servicio y en prueba. La presión de diseño será siempre superior a la presión máxima de servicio. Para los recipientes no refrigerados la presión de diseño será, como mínimo, 22 bar.
- ✓ Se considerará como mínimo, 1 milímetro de sobreespesor de corrosión para tanques y recipientes a presión, y 2 milímetros para tubuladuras de las conexiones.

#### 2.4.3 Códigos de diseño

- ✓ Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con códigos de reconocida solvencia, tales como Api Standard 620 Appendix R o British Standard 4741, para almacenamientos refrigerados, y CODAP, Asme Section VIII, British Standard 5500 o AD Merkblätter, para almacenamientos semirrefrigerados y no refrigerados.
- ✓ Una vez elegido el código de diseño, se aplicará sin efectuar combinaciones de cálculos y criterios de diferentes códigos. Cuando, para una determinado cálculo,



no haya herramientas de cálculo en el código elegido, se podrán usar otros códigos o procedimientos de cálculo.

- ✓ Los recipientes a presión cumplirán también lo establecido en el **Real Decreto 1244/1979** de 4 de abril, por lo que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión, y la Normativa posterior que lo modifica.

#### 2.4.4 Materiales

- ✓ Los materiales a utilizar cumplirán los requisitos del código de diseño. Sus características deberán satisfacer las condiciones más favorables de presión y temperatura que puedan producirse durante el servicio y en la prueba, y se controlarán mediante los ensayos adecuados.
- ✓ El material de los componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro y los demás componentes unidos directamente a los mismos, será acero de límite elástico inferior a  $490 \text{ N/mm}^2$  ( $50 \text{ kg/mm}^2$ ) y buenas características de soldabilidad, ductilidad y tenacidad. Para recipientes tendrá también resistencia al impacto.

#### 2.4.5 Elementos de seguridad

**a) General:** los elementos de seguridad de tanques y recipientes a presión se diseñarán para las condiciones de presión y temperatura más desfavorables que puedan presentarse. Se construirán de material adecuado para trabajar con amoníaco anhidro. No se utilizará cobre ni sus aleaciones, ni se usarán instrumentos que contengan mercurio.

**b) Conexiones:** todas las conexiones de tanques y recipientes a presión, excepto las de válvulas de seguridad, tendrán válvulas de cierre instaladas lo más cerca posible del punto de conexión. Las conexiones utilizadas para trasiego de líquido situadas por debajo del máximo nivel de llenado dispondrán de válvulas de bloqueo con accionamiento a distancia o de retención en conexiones de llenado o de cierre por exceso de caudal



**c) Válvulas de seguridad:** cada tanque o recipiente a presión dispondrá, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de presión, excepto, los recipientes a presión de capacidad inferior a  $100 \text{ m}^3$  que podrán tener una.

El número de válvulas de seguridad y su capacidad de descarga permitirá que puedan desmontarse individualmente sin que la protección disminuya, excepto para los recipientes a presión de capacidad inferior a  $100 \text{ m}^3$ .

La presión de tardado de las válvulas de seguridad se determinará conforme a las prescripciones del código de diseño y construcción.

Los tanques dispondrán también, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de vacío, pudiéndose utilizar el tipo de válvula doble de presión y vacío.

**d) Indicadores de nivel:** cada tanque o recipiente a presión estará equipado con un indicador permanente que permita controlar el nivel del líquido contenido. Además dispondrá, como mínimo, de un dispositivo de nivel máximo o de un segundo indicador de nivel independiente del anterior y de distinto tipo con señalización óptica y acústica.

**e) Alarmas de alta y baja presión:** en los tanques se dispondrán alarmas independientes de alta y baja presión, con señalización óptica y acústica.

**f) Toma de tierra:** Los tanques y recipientes a presión tendrán, como mínimo, dos tomas de tierra, que se ajustarán a lo establecido en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.





---

## 2.4.6 Construcción

**1. Soldadura.-** Los materiales de aportación y los procedimientos de soldadura cumplirán los requerimientos del código de diseño y construcción. No se utilizarán materiales de aportación al carbono molibdeno.

**2. Tratamiento térmico.-** Deberá someterse a tratamiento térmico de recocido las chapas componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro que tengan soldadas conexiones refuerzos, soportes o arranques de patas de apoyo. No será necesaria la realización de este tratamiento cuando las características del material y del almacenamiento no lo hagan imprescindible, debiendo justificarse en el proyecto.

### **3. Fijaciones provisionales:**

- ✓ Se procurará disminuir en lo posible las fijaciones provisionales para construcción soldadas a la superficie exterior del tanque o recipiente a presión.
- ✓ No se admitirán fijaciones provisionales sobre la superficie interna.
- ✓ Las fijaciones provisionales externas se cortarán sin dañar el material base. Tras esmerilar la superficie, se inspeccionará la huella con líquidos penetrantes.
- ✓ En las fijaciones provisionales externas que no se eliminen se inspeccionará la soldadura con líquidos penetrantes.



## 2.4.7 Inspecciones y pruebas

### 2.4.7.1 Características generales

- ✓ Los tanques y recipientes a presión serán inspeccionados y probados antes de la puesta en servicio inicial. Posteriormente se inspeccionarán y probarán en forma periódica y cuando se efectúen reparaciones o modificaciones.
- ✓ En los recipientes a presión, sometidos también al Reglamento de aparatos a presión, las inspecciones y pruebas idénticas exigidas por el citado Reglamento y esta instrucción técnica complementaria se efectuara de forma única y común.
- ✓ En casos especiales en que por causas técnicas justificadas se considere conveniente la exención, sustitución o variación en alcance o periodicidad de algunas de las inspecciones o pruebas, la parte interesada solicitará autorización al órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- ✓ Las inspecciones y pruebas, tanto inicial como periódicas, se llevarán a efecto por el órgano competente de la Comunidad Autónoma o si este lo estima oportuno, por un organismo de control autorizado para la aplicación de la reglamentación sobre almacenamiento de productos químicos.
- ✓ La certificación de inspecciones y pruebas por el organismo de control se efectuará por el triplicado un ejemplar para el titular del almacenamiento y otro para el órgano competente de la Comunidad Autónoma.



### 2.4.7.2 Inspecciones y pruebas iniciales

a. Los tanques y recipientes a presión se someterán, durante su construcción y previamente a su puesta en servicio, a las siguientes inspecciones y pruebas iniciales para comprobación de las características y valores requeridos en sus respectivos códigos de diseño y construcción.

1. Análisis químico, carga o rotura, límite elástico, alargamiento, plegado, control dimensional y ultrasónico del material de los componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro y de los demás componentes unidos directamente a ellos, como conexiones, refuerzos, soportes o arranques de patas de apoyo. Además, en recipientes refrigerados y semirrefrigerados, micrografía de tamaño de grano y ensayo de resiliencia de los mismos componentes. Las chapas de inspeccionarán con ultrasonidos en cuadrícula de 200 mm.

2. Análisis químico y características mecánicas del material de aportación para soldaduras.

3. Inspección por partículas magnéticas, líquidos penetrantes y radiografiados de soldaduras de acuerdo con los requisitos y el alcance que especifique el código de diseño y construcción.

4. Prueba neumática de refuerzos de conexiones.

5. En tanques, pruebas con caja de vacío de las soldaduras del fondo y con caja de vacío o con aceite penetrante de las soldaduras entre fondo y pared.

6. En tanques, prueba de llenado con agua y presurización con aire, y en recipientes a presión, prueba hidráulica de presión.

7. Tardado en las válvulas de seguridad y, en su caso, de las de vacío.

Igualmente, se comprobara documentalmente que los procedimientos de soldadura están homologados y los soldadores calificados para dichos procedimientos, según UNE-EN 287 (parte 1 y 2) y UNE-EN 288 (parte 1 a 4), o según otra norma de reconocido prestigio.



b. Los recipientes a presión contruidos en taller requerirán certificado del fabricante, en el que hará constar que cumple la Reglamentación en vigor, el código y normas utilizadas en la fabricación, pruebas a que se ha sido sometido y resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

Si se tratase de un recipiente a presión de tipo serie, se hará constar que coincide plenamente con el modelo para el que se extendió la certificación de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Aparatos a Presión.

c. Los tanques o recipientes a presión contruidos en el emplazamiento requerirán certificado del constructor, en el que hará constar que cumple la reglamentación en vigor, el código y normas utilizados en la construcción, pruebas a que han sido sometidos y resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

#### **2.4.7.3 Inspecciones y pruebas de reparaciones o modificaciones**

Para realizar cualquier reparación o modificación de tanques o recipientes a presión que afecte a los componentes en contacto con el amoníaco anhídrido será necesario:

a. Cumplir con los requerimientos e inspecciones exigidos por el código de diseño y construcción para la reparación o modificación de que se trate.

b. Efectuar en el tanque o recipiente a presión reparado o modificado una prueba de valor y condiciones iguales a las de la prueba inicial.



#### 2.4.7.4 Inspecciones y pruebas periódicas

a. Las inspecciones y pruebas periódicas a las que deberán someterse los tanques y recipientes a presión son las siguientes:

**1. Inspección exterior:** consiste en la inspección visual del estado de las superficies exteriores, aislamiento, pintura, conexiones, tornillería, tomas de tierra, escaleras, soportes, columnas, anclajes, cimentaciones y, en general de todos los elementos que se puedan revisar sin necesidad de poner fuera de servicio el tanque o recipiente a presión.

**2. Inspección interior:** tiene por objeto conocer la situación del tanque o recipientes a presión, en cuanto a corrosión, agrietamientos y estado de las soldaduras. Consistirá, como mínimo, en la medición de espesores de paredes, fondos y techo; inspección visual de las superficies internas y detección de grietas mediante partículas magnéticas húmedas en las soldaduras de todas las conexiones y en el 50% de los cruces de soldaduras de paredes y fondos. La inspección se realizará en una longitud mínima de 200 mm de cada soldadura concurrente y comprenderá la propia soldadura y una superficie de 50 mm de ancho a cada lado de la misma. La presencia de grietas implicará extender la inspección a toda la longitud de la soldadura defectuosa.

**3. Prueba:** será de valor y condiciones iguales a las de la prueba inicial.



---

#### 2.4.7.5 Periodicidad

Las inspecciones y pruebas citadas se efectuarán, a partir de la fecha de puesta en servicio, con la periodicidad siguiente:

**a. Inspección exterior:** cada 5 años, como máximo.

**b. Inspección interior:** cada 10 años, como máximo.

Además, los recipientes a presión, excepcionalmente, a los 5 años de la citada fecha de puesta en servicio, se someterán a inspección interior.

**c. Prueba:** cada 10 años, como máximo.

Se mantendrá un registro de todas las inspecciones realizadas.



---

## 2.5 Medidas de seguridad

### 2.5.1 Instalaciones de seguridad

1. **Vallas.**-Cuando el almacenamiento esté fuera del recinto de una factoría se cercará con una valla resistente de 2.5 metros de altura mínima y dos puertas practicables en caso de emergencia, situadas en lados opuestos.

2. **Señalización.**-En el almacenamiento y alrededores se colocarán estratégicamente rótulos normalizados anunciadores del peligro existente y de la prohibición de fumar y encender fuego.

3. **Protección contra derrames.**- Alrededor del almacenamiento se instalará una red de agua con hidrantes, de forma que puedan utilizarse con independencia de la dirección del viento. La presión, caudal y equipo disponible será suficiente para controlar las emergencias que puedan producirse. La red de agua no debe ser susceptible de congelamientos durante la época invernal, tomándose al efecto las medidas necesarias.

4. **Protección contra incendios.**- Los tanques y recipientes a presión de amoníaco anhidro, situados a menos de 30 metros de tanques o recipientes a presión de productos inflamables o combustibles de capacidad superior a 100 m<sup>3</sup>, dispondrán de sistemas fijos de agua pulverizada, según norma UNE 23.501, alimentados por la red de agua, La válvula de paso al sistema, claramente señalizada, se situará en lugar fácilmente accesible. La protección contra incendios consistirá en la refrigeración uniforme, con un caudal de agua de tres litros por metro cuadrado y minuto, de las superficies siguientes:

a. **Tanques:** superficie lateral. No es necesario refrigerar la tercera parte de esta superficie opuesta al riesgo.



---

**b. Recipiente a presión esférico:** superficie del hemisferio superior. No es necesario refrigerar la tercera parte de esta superficie opuesta al riesgo.

**c. Recipientes a presión cilíndricos horizontal:** superficie de la mitad superior. Cuando se trate solamente de uno o dos recipientes a presión situados en el mismo cubeto, la refrigeración se podrá hacer por mangueras o monitores en lugar de por dispositivos fijos.

**5. Iluminación.**-El almacenamiento estará convenientemente iluminado durante la noche.

**6. Indicadores de la dirección y sentido del viento.**- Se instalarán, en uno o varios lugares, indicadores de la dirección y sentido del viento que estarán iluminados por la noche.

**7. Antorcha.**- Los almacenamientos refrigerados o semi-refrigerados cuya instalación frigorífica no disponga de suministro eléctrico dos procedencias distintas o de grupo electrógeno de reserva o de procedimiento de absorción del gas que se produzca en caso de fallo de energía eléctrica, dispondrán de una antorcha capaz de quemar de manera controlada y segura el amoníaco anhidro gasificado.

**8. Barreras para choque.**- Se pondrán barreras para choque para protección de tuberías y equipos en los lugares en que puedan ser dañados por circulación o maniobra de maquinaria y vehículos.

**9. Ducha y lavaojos.**- Se instalara duchas y lavaojos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, fundamentalmente en áreas de carga y descarga, bombas y compresores y punto de toma muestra.





## **2.5.2 Equipo de protección personal**

### **2.5.2.1. En operación**

a. El personal de almacenamiento dispondrá de:

1. Guantes de goma o de similar resistencia al amoníaco anhidro.
2. Gafas de seguridad con ajuste a la cara.
3. Equipos de protección respiratoria.

b. Durante el trabajo de conexión o desconexión de tuberías y mangueras de carga y descarga, y siempre que exista riesgo de contacto con amoníaco anhidro líquido o gaseoso, el personal del almacenamiento llevará puesto:

1. Guantes de goma o de similar resistencia al amoníaco anhidro.
2. Traje o mandil impermeable de plástico o similar.
3. Botas resistentes al amoníaco anhidro.
4. Equipo respiratorio con adaptador facial que cubra toda la cara, de tipo autónomo o de cartucho.

### **2.5.2.2. En emergencia**

Para entrar en atmósfera concentrada de amoníaco anhidro se dispondrá, en lugares cercanos y accesibles durante la emergencia, de:

- a. Trajes herméticos.
- b. Equipos respiratorios autónomos.
- c. Cuerda salvavidas.
- d. Cinturones de seguridad.



### **2.5.3 Formación del personal**

El personal de almacenamiento, en su plan de formación, recibirá instrucciones específicas del titular del almacenamiento sobre:

1. Las propiedades del amoníaco anhidro y su comportamiento en estado líquido y gaseoso.
2. La función y uso correcto de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
3. Las consecuencias de un incorrecto funcionamiento o uso de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
4. El peligro que puede derivarse de un derrame o fuga de amoníaco anhidro en estado líquido o gaseoso.
5. Las acciones que deben de efectuarse en caso de derrame o fuga de amoníaco anhidro en estado líquido o gaseoso.

### **2.5.4 Plan de revisiones**

Cada almacenamiento tendrá un plan de revisiones propias para comprobar la disponibilidad y buen estado de los elementos e instalaciones de seguridad y equipo de protección personal. El plan comprenderá la revisión periódica de:

1. Válvulas de seguridad
2. Válvulas de cierre
3. Indicadores y alarmas
4. Aislamiento
5. Toma de tierra
6. Antorchas
7. Red de agua e hidrantes
8. Protección contra incendios
9. Duchas y lavaojos
10. Equipo de protección personal



## 2.5.5 Determinación de amoníaco en aire, del medio ambiente laboral

**NOM-055-STPS-1993.** Higiene Industrial-Medio Ambiente Laboral-Determinación de Amoníaco en Aire-Método Potenciométrico.

Sustancia: Amoníaco.

Medio Ambiente: Aire.

Nivel Máximo de concentración permisible: El establecido en la NOM-010-STPS.

Procedimiento: Adsorción en sílica-gel tratada con ácido sulfúrico, desadsorción con ácido sulfúrico 0.1N, cuantificación potenciométrica con un electrodo específico para amoníaco.

Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece el procedimiento Potenciométrico con el electrodo específico para la determinación de amoníaco en aire, del medio ambiente laboral.

Principios del Método: Un volumen conocido de aire es pasado a través de un tubo de vidrio conteniendo sílica-gel tratada con ácido sulfúrico, para atrapar vapores de amoníaco. El tubo de muestreo es conectado en serie a un prefiltro para atrapar sales de amonio.

El amoníaco es desadsorbido de la sílica-gel con ácido sulfúrico 0.1N y la muestra es analizada usando un electrodo específico para atrapar sales de amonio.

Este método fue válido en el rango de 16.9-67.6 mg/ms<sup>3</sup> a temperatura y presión atmosférica de 297°K y 101.192 kPa (24°C y 759 mm Hg) respectivamente, usando una muestra de 30 L. Este tamaño de muestra está basado en la capacidad de la sílica-gel tratada con ácido sulfúrico, para atrapar vapores de amoníaco en el aire a alta humedad relativa. Este método es capaz de cuantificar cantidades mucho más pequeñas, si la eficiencia es adecuada, la eficiencia de desadsorción debe determinarse para el rango usado.

Interferencias: La metilamina y la etilamina, son interferencias conocidas del método analítico. Algunas otras aminas volátiles pueden interferir en el método analítico.



En promedio, las concentraciones obtenidas en los estudios de laboratorio a 0.5, 1 y 2 veces el nivel de concentración establecido en la NOM-010-STPS, donde el 2.4% de las concentraciones de 18 muestras están abajo del real. Cualquier diferencia entre las concentraciones encontradas y las reales pueden no representar una interferencia el método analítico y de muestreo real determinada experimentalmente. El coeficiente de variación es un buen diagnóstico de la exactitud del método, tomando en cuenta que la estabilidad del almacenaje y de recuperación fueron buenos y no contribuían a un error en determinada concentración. Estudios de estabilidad y muestras almacenadas colectadas de una atmósfera de prueba a una concentración de  $33.8 \text{ mg/ms}^3$  indicaron que las muestras eran estables al menos 7 días.

**Ventajas:** El aparato de muestreo es pequeño, portátil y no involucra líquidos. Los tubos son analizados por métodos instrumentales rápidos.

**Desventajas:** Una desventaja del método es que la cantidad de muestra que puede ser tomada está limitada por el número de microgramos que el tubo puede tener antes de sobrecargarlo cuando la cantidad de amoníaco encontrado en la sección posterior del tubo sílica-gel, excede en 25% de lo encontrado en la sección frontal, existe la probabilidad de pérdida de muestra.

La presente Norma se expide para ser aplicada en los casos a que se refiere la NOM-STPS-NOM-010-STPS "Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centro de trabajo donde se producen, almacenan o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral."

La vigilancia y aplicación de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.



---

## CAPÍTULO III

La finalidad de este capítulo es conocer el nivel y equipo de protección personal (EPP) en caso de fuga, derrame o incendio durante la liberación de amoníaco anhidro y anhídrido. Las acciones de protección son pasos tomados para preservar la salud y la seguridad de los que responden a la emergencia y de la población.

### 3.1 Generalidades

Los equipos destinados a proteger el cuerpo humano del contacto con productos químicos fueron divididos por los americanos, en cuatro niveles según el grado de protección necesario.

#### 3.1.1 Niveles de protección personal

##### 3.1.1.1 Nivel A

El nivel A de protección se debe elegir cuando:

- ✓ La sustancia química ha sido identificada y se requiere el más alto nivel de protección para el sistema respiratorio, piel y ojos;
- ✓ Se sospecha la presencia de sustancia con un alto potencial de daño a la piel y sea posible el contacto; según la actividad que se va a realizar;
- ✓ Se realicen acciones en lugares confinados y sin ventilación;
- ✓ Las lecturas directas en equipos de monitoreo indiquen concentraciones peligrosas de gases o vapores en la atmósfera; Por ejemplo, valores superiores al IDLH (concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud).



---

Se debe utilizar cuando se requiera el mayor índice de protección respiratoria, para la piel y para los ojos, consta de:

- Aparato autónomo de respiración con presión positiva o tubo externo de aire;
- Ropa totalmente encapsulada;
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos;
- Casco incorporado en la ropa;
- Radio.

### 3.1.1.2 Nivel B

El nivel B de protección se debe elegir cuando:

- ✓ El producto implicado y su concentración han sido identificados y se requiere un alto grado de protección respiratoria pero sin exigir ese mismo nivel de protección para la piel. Por ejemplo, atmósferas con una concentración de producto en el nivel del IDLH sin representar riesgos para la piel o incluso cuando no sea posible utilizar máscaras con filtro químico para tal concentración y por el tiempo necesario para la actividad que se va a realizar;
- ✓ La concentración de oxígeno en el ambiente de un volumen inferior a 19.5%;
- ✓ Haya poca probabilidad de formación de gases o vapores en altas concentraciones que puedan ser dañinas para la piel.

Se debe usar en caso de que se requiera un mayor índice de protección respiratoria pero con un grado inferior de protección para la piel, consta de:

- Aparato autónomo de respiración con presión positiva;
- Ropa de protección contra salpicaduras químicas confeccionada en una o dos piezas;
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos;
- Casco;
- Radio.



### 3.1.1.3 Nivel C

El nivel C de protección se debe elegir cuando:

- ✓ La concentración de oxígeno en el ambiente es de un volumen inferior a 19.5%;
- ✓ El producto ha sido identificado y se puede reducir su concentración a un valor inferior a su límite de tolerancia con el uso de mascarar filtrantes;
- ✓ La concentración del producto no sea superior al IDLH;
- ✓ El trabajo que se va a realizar no exija el uso de máscara autónoma de respiración.

Se deben de usar cuando se desea obtener un grado de protección respiratoria inferior al Nivel B pero con las mismas condiciones de protección para la piel:

- Aparato autónomo de respiración sin presión positiva o máscara facial con filtro químico;
- Ropa de protección contra salpicaduras químicas confeccionada en una o dos piezas;
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos;
- Casco;
- Radio.



#### 3.1.1.4 Nivel D

El nivel D de protección se debe elegir cuando:

- ✓ No haya presencia de contaminantes en la atmósfera;
- ✓ No exista la posibilidad de salpicaduras, inmersión o riesgo potencial de inhalación del producto químico.

Como se puede observar, el nivel de protección utilizado puede variar según el trabajo que se va a realizar. Por lo general, mientras mayor sea el nivel de protección, más incomoda será la ropa. El nivel de protección se debe fundamentar, primeramente en la seguridad del técnico con el objeto principal de proporcionar la protección más adecuada y a la vez la máxima movilidad y comodidad.

Solamente se debe usar como uniforme o ropa de trabajo y en lugares sujetos a riesgos para el sistema respiratorio o la piel. Este nivel no incluye protección contra riesgos químicos, consta de:

- Overoles, uniformes o ropas de trabajo;
- Botas o zapatos de cuero o goma resistentes a productos químicos;
- Gafas o viseras de seguridad;
- Casco.





---

## 3.2 Protección personal

### 3.2.1 Protección para la cara

Los equipos para la cara y cuello protegen contra impactos de partículas volantes, salpicaduras de líquidos perjudiciales, ofuscamiento y calor radiante.

**Tipo de material:** Acrílico, incoloro, filtro de luz, plástico y vidrios especiales.

### 3.2.2 Protección para los ojos

Gafas de protección para el globo ocular y las partes adyacentes contra impactos causados por partículas sólidas, gases, vapores, radiación térmica y exceso de luminosidad.

**Tipo de protección:** Gafas convencionales para gases y vapores, aerodispersores y salpicaduras.

### 3.2.3 Protección para los oídos

Proteger los oídos contra el exceso de ruido, material particulado y vapores irritantes. **Tipo de inserción (enchufe):** Moldeados y moldeables.

### 3.2.4 Protección para los miembros superiores

Anatómicamente, los miembros superiores se dividen en brazo, antebrazo y mano. Una vez establecidas las necesidades, los equipos de protección personal (EPP) se deben de escoger considerando los siguientes factores:

- a. Parte que se va a proteger.
- b. Grado y tipo de protección;
  - Característica de los materiales que se van a manipular,
  - Composición fisicoquímica de las sustancias,
  - Temperatura y
  - Riesgo de contaminación.



---

**Tipo de protección:** Guantes. **Tipo de material:** Goma o neopreno.

### 3.2.5 Protección para los miembros inferiores

Protección de las piernas y pies a través del uso de polainas, botas o zapatos de seguridad contra quemaduras, lesiones y contaminación.

**Material:** PVC.

**Tipo de protección:** Irritaciones y quemaduras contra la mayoría de los ácidos, bases y solventes.

### 3.2.6 Protección cutánea

Protección del usuario contra la ocurrencia de lesiones, quemaduras, irritaciones, intoxicaciones y contaminaciones provocadas por el contacto con sustancias agresivas a la piel. El usuario debe de seleccionar el traje según los diversos tipos de trabajo y riesgos y con base en los siguientes aspectos:

- Grado de protección necesaria (aislamiento y confinamiento),
- Resistencia química,
- Maleabilidad y
- Facilidad de limpieza y descontaminación.

#### **Tipos:**

- Ropa descartable;
- Ropa contra incendios;
- Capas;
- Conjunto de calzado, chaqueta y capucha;
- Overol hermético con capucha y
- Traje encapsulado.



### 3.2.7 Protección respiratoria

El aire respirable en condiciones normales significa que:

- a. Contiene 28% de oxígeno, como mínimo;
- b. Esta libre de sustancias extrañas y
- c. Su presión y temperatura no causan lesiones al organismo humano.

Límite de resistencia de un individuo promedio:

- ✓ Sin comer = 30 días
- ✓ Sin beber = 3 días
- ✓ Sin respirar = 3 minutos

**Dependientes:** Son máscaras faciales o semifaciales que actúan con elementos filtrantes para remover del ambiente contaminado el aire necesario para la respiración.

**Independiente:** Por lo general, son conjuntos autónomos portátiles o tubo que proveen el aire que el usuario necesita, independientemente de las condiciones del ambiente de trabajo (grado de contaminación.) Favorecen el aislamiento del tracto respiratorio del usuario de la atmósfera contaminada.

Para elegir el tipo de protección respiratoria más adecuado se deben de considerar los siguientes factores:

1. En relación con el riesgo:
  - Porcentaje de oxígeno en el ambiente
  - Existencia de contaminantes:
    - a. Clase toxicológica
    - b. Concentración en el ambiente



2. En relación con el ambiente:

- Confinamiento del ambiente (pozos, depósitos, bodegas);
- Posición del ambiente en relación con la atmósfera segura (distancia y accesibilidad);
- Comodidad física y limitaciones de movilidad.

3. En relación con la actividad:

- Características de la operación (movilidad necesaria-frecuencia);
- Actividad respiratoria del operador (actividad física).

Uso pretendido de la protección:

- Necesaria durante toda la permanencia en el ambiente (uso continuo);
- Uso en emergencia;
- Uso únicamente durante la operación (uso intermitente).

### **3.2.7.1 Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA)**

Este aparato proporciona una presión o un flujo positivo constante de aire dentro de la careta, aun si alguien inhala profundamente mientras esta haciendo el trabajo pesado. Use aparatos certificados por NIOSH y la Administración de Seguridad y Salud Minera de acuerdo con el CFR 30 parte 11. Uselo de acuerdo con los requisitos para protección respiratoria especificados en las Normas de Operaciones de Respuesta de Emergencia en Sitios de Materiales Peligrosos de la OSHA (CFR 29 1910.120) y/o la Norma de Brigadas contra Incendio (CFR 29 1910.156). Los Respiradores de cartucho químico u otras mascarillas filtrantes, no son substitutos aceptables para el equipo de aire autónomo de presión positiva. El



---

SCBA de tipo demanda, no cumple con la Norma de Brigadas contra incendio de la OSHA 29 CFR 1910.156.

**Características:**

- ✓ Consta de un cilindro de alta presión, un dispositivo de dosificación de flujo, una tráquea, una pieza facial con válvula de espiración, tirantes en el cilindro de alta presión y en la pieza facial.
- ✓ Funcionamiento en circuito abierto, es decir se espira y se descarga hacia el exterior.
- ✓ Deben contener un dispositivo de alarma para la baja de presión.
- ✓ El tiempo de operación varía desde algunos minutos hasta aproximadamente una hora, según la actividad física y familiaridad del usuario con el equipo.
- ✓ Como se trata de un equipo autónomo, no presenta limitaciones de espacio, ya sea en el caso de contaminantes o de deficiencia de oxígeno.

**Observaciones:**

- ✓ Debido al limitado tiempo de operación, su uso se adapta más a las situaciones de emergencias, como rescates y mantenimientos especiales.
- ✓ Son equipos más pesados que los autónomos con oxígeno puro, que trabajan en circuitos cerrados.
- ✓ En el caso de absorción de contaminantes por la piel hay que suministrar protección complementaria.

**Limitaciones:**

- ✓ Hay que considerar la limitación de movilidad y capacidad del usuario, lo que dificulta que cargue pesos.

El tiempo de operación es, en sí, una limitación que se debe considerar adecuadamente; el usuario debe estar consciente de la construcción, uso, control y limitaciones del equipo, así como de la manera de llegar rápidamente a ambientes seguro.



### 3.2.7.2 Equipo autónomo como cilindro de oxígeno

#### Características:

- ✓ Consta de un cilindro de oxígeno de alta presión, válvula reductora, una bolsa de respiración, tráquea, válvulas de dosificación constante de la demanda, pieza facial, válvula de escape de sobrepresión de la bolsa de respiración, tirantes y cartucho químico de retención de la humedad y CO<sub>2</sub>.
- ✓ Funcionamiento en circuito cerrado donde el aire viciado espirado se libera del gas carbónico y de la humedad y vuelve a circular después de la adición de oxígeno. Como el organismo no aprovecha todo el oxígeno que se inspira, el proceso permite un buen aprovechamiento del suplemento y da al equipo ligereza y autonomía por varias horas.
- ✓ El equipo autónomo no tiene limitaciones de espacio, ya sea en caso de contaminantes o de deficiencia de oxígeno.
- ✓ Existen dos tipos posibles de equipos:
  - Cargado en la espalda con los componentes incorporados;
  - Cargado en el pecho con la bolsa respiratoria externa a la caja y los componentes reducidos.

#### Observaciones:

- ✓ En el caso de la posible absorción de contaminantes por la piel, provea protección complementaria.
- ✓ Los equipos son relativamente ligeros pero los de mayor capacidad pueden pesar de 10 a 12 Kg.

#### Limitaciones:

- ✓ Limitación de movilidad y capacidad del usuario, lo que dificulta que cargue peso.
- ✓ El tiempo de operación, el usuario debe estar consciente de la construcción, uso, control y limitaciones del equipo, así como de la manera de llegar rápidamente a ambientes seguros.



---

### 3.2.7.3 Equipo autónomo autogenerador de oxígeno

#### **Características:**

- ✓ Consta de un cartucho químico, una bolsa de respiración, una pieza facial con válvulas de inspiración y espiración, tráqueas de interconexión, válvulas de escape y tirantes de sostén.
- ✓ Funcionamiento en circuito cerrado, donde el aire espirado atraviesa el cartucho químico, se libera del gas carbónico y se carga de oxígeno, atraviesa la bolsa de respiración y llega al usuario a través de la tráquea. La humedad también es retenida por el cartucho.
- ✓ La tasa de liberación de oxígeno se autorregula por el propio ritmo respiratorio del usuario.
- ✓ No presenta restricciones en cuanto al ambiente, ya sea en caso de contaminación o de deficiencia de oxígeno.

#### **Observaciones:**

- ✓ En caso de posible absorción de contaminantes por la piel, hay que proveer la protección complementaria.
- ✓ El tiempo de operación se cuenta en fracciones de hora y depende de la actividad respiratoria del usuario.

#### **Limitaciones:**

- ✓ Limitación de movilidad y capacidad del usuario, lo que dificulta que cargue peso.
- ✓ El tiempo de operación es, en sí, una limitación que se debe considerar adecuadamente, el usuario debe estar consciente de la construcción, uso, control y limitaciones del equipo, así como de la manera de llegar rápidamente a ambientes seguros.



### 3.3 Uso de ropa de protección

La finalidad de la ropa de protección es salvaguardar el cuerpo de los riesgos que representa el producto, como provocar daños a la piel o ser absorbido por esta y afectar a los demás órganos. El material elegido debe ser lo más resistente posible al ataque de amoníaco. El modelo de la ropa también es importante y depende si el producto implicado está en el aire o si la exposición a la piel es directa o a través de salpicaduras. Es importante usar otros equipos complementarios contra riesgos físicos tales como el fuego, radiación y electricidad.

#### 3.3.1 Ropa completamente encapsulada

Tipo: Encapsulado.

Material: PVC o butil reforzado con poliamida y vitón.

Protección contra: Atmósfera altamente saturada de gases y vapores.

Grado de protección: Máximo.

Observación: este tipo de traje de protección nunca se debe de usar directamente sobre la piel.

La ropa protectora no deberá usarse a menos que sea compatible con el material liberado. Este tipo de ropa especial ofrece poca o ninguna protección contra el calor. Ejemplos de este tipo de equipo han sido descritos como Trajes de Protección contra Vapor (NFPA 1991), también conocidos como Trajes de Protección Química Totalmente Encapsulados (TECP) o Trajes de Protección de Nivel A\* (OSHA 29 CFR 1910.120, Appendix A & B), y (2) Trajes Protectores contra Salpicaduras de Líquidos (NFPA 1992 & 1993), también conocidos como Trajes de Protección de Nivel B\* (OSHA 29 CFR 1910.120, Apéndice A & B). Ningún material de ropa protectora lo protegerá de todos los materiales peligrosos.





---

No suponga que cualquier ropa protectora es resistente al calor o a la exposición a las llamas, a menos que así este certificado por el fabricante. (NFPA 1991 & 5-3 Flammability Resistance Test and 5-6 Cold Temperatura Performance Test).

La ropa totalmente encapsulada se confecciona en una sola pieza que encapsula totalmente al usuario. Las botas, guantes y el visor que hacen la ropa a prueba de gases y vapores, están incorporados pero se pueden quitar si se desea, ya que están unidos a la ropa a través de dispositivos. Inclusive la cremallera ofrece un cierre perfecto contra gases o vapores. Esta ropa, a prueba de gases, debe ser sometida a pruebas de presión para asegurar su integridad.

La protección respiratoria y el aire respirable se suministran a través de un conjunto autónomo de respiración con presión positiva incorporado en la ropa o por un tubo externo de aire que mantiene una presión positiva.

Cuando no hay ventilación existe el peligro de acumular calor, lo que puede provocar una situación de riesgo para el usuario. Debido a su complejidad, el usuario necesitará ayuda para ponerse la ropa. Existen accesorios que pueden complementar esta ropa para proporcionar comodidad en la operación, como los chalecos para refrigeración, sistema de radio y botas dos números más grandes del tamaño normal.



### 3.3.1.1 Requisitos del equipo de protección química

Para elegir el material de protección adecuado, se deben considerar la actividad y las condiciones específicas del lugar. Los requisitos de desempeño son:

**Resistencia química:** es la capacidad del material para resistir los cambios físicos y químicos. El requisito de desempeño más importante es la resistencia química del material. Este debe mantener su integridad estructural y calidad de protección al estar en contacto con sustancias químicas.

**Durabilidad:** es la capacidad que tiene un material para resistir el uso, es decir, la capacidad de resistir perforaciones, abrasión y rasguños. Es la resistencia inherente al material.

**Flexibilidad:** es la capacidad para curvarse o doblarse. Es muy importante para los guantes y ropas de protección ya que influye directamente en la movilidad, agilidad y restricción de movimientos del usuario.

**Resistencia térmica:** es la capacidad de un material para mantener su resistencia química durante temperaturas extremas (principalmente altas) y permanecer flexible en temperaturas bajas. Una tendencia general de la mayoría de los materiales es que las temperaturas altas reducen su resistencia química mientras que las bajas reducen su flexibilidad.

**Vida útil:** es la capacidad que tiene un material para resistir al envejecimiento y el deterioro. Los factores como el tipo de producto, temperaturas, humedad, luz ultravioleta, agente oxidante y otros, reducen la vida útil del material. El almacenamiento y cuidados adecuados contra estos factores pueden ayudar a prevenir el envejecimiento. Se debe consultar a los fabricantes en relación con las recomendaciones para el almacenamiento de la ropa.

**Facilidad de limpieza:** es la capacidad para descontaminar efectivamente los materiales de protección. Es la medida relativa de la capacidad de un material para remover la sustancia impregnada.

Es prácticamente imposible descontinuar algunos materiales, por lo que es importante cubrirlos con forros descartables para prevenir la contaminación.



### 3.3.2 Ropa Protectora para Bomberos Profesionales (SFPC)

Esta categoría de ropa, frecuentemente llamada equipo de respuesta para bomberos, es la ropa de protección usada normalmente por los bomberos durante operaciones profesionales de combate contra incendio. Esta incluye un casco, chaquetón, pantalones, botas, guantes y una capucha para cubrir las partes de la cabeza que no están protegidas por el casco y la careta. Esta ropa debe de usarse con el equipo de aire autónomo de presión positiva, de careta completa (SCBA). Esta ropa protectora deberá cumplir con los mínimos de la Norma de Brigadas contra Incendios de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) del Departamento del Trabajo de los Estados Unidos (29 CFR 1910.156). La ropa protectora para bomberos profesionales, proporciona protección limitada contra el calor, pero puede no proporcionar la protección adecuada contra los vapores o los líquidos que son encontrados durante incidentes de materiales peligrosos. Cada guía incluye un informe acerca del uso del SFPC en los incidentes que involucran los materiales mencionados. Algunas guías establecen que SFPC proporciona protección limitada. En esos casos, el respondedor que usa SFPC, puede estar en posibilidad de presentar un expediente en el que mencionen que es una operación rápida de "entrada y salida". Sin embargo, este tipo de operaciones puede poner al respondedor en riesgo de sufrir lesiones o la muerte.

El que comanda el accidente, toma la decisión de llevar a cabo esta operación solamente si se puede obtener un beneficio dominante (ejemplo, realizar un rescate inmediato o cerrar una válvula para controlar una fuga).

La ropa protectora de tipo overol que comúnmente se usa para combatir los incendios en los bosques o los montes, no es SFPC y no se recomienda.



### 3.4 Recomendaciones para la reducción de estrés antes de las operaciones

Las siguientes recomendaciones pueden ser útiles para prevenir y reducir el estrés provocado por el calor.

- ✓ Buen estado físico.
- ✓ El trabajo con ropas y equipos de protección química y respiratoria (principalmente máscaras autónomas) genera un desgaste físico. Por esta razón, cualquier condición que perjudique la capacidad normal de trabajo, incluidas las enfermedades debilitantes, deberá ser motivo para que el individuo no realice este tipo de trabajo.
- ✓ Si los técnicos del equipo se encuentran en buenas condiciones físicas, estarán menos propensas a cualquier tipo de estrés.

**Adaptación a la ropa:** no todos pueden trabajar con ropas de protección química. Para algunos, el estrés psicológico es tan grande que provoca claustrofobia. Muchas veces, esta condición se puede identificar durante la capacitación, lo que descalifica al técnico para este tipo de trabajo. La claustrofobia por el uso de la ropa puede ser o no evidente en su forma de manifestación. Cuando es evidente, el técnico tiende a quitarse la ropa inmediatamente, mientras que cuando no lo es, el técnico consumirá el doble del volumen de aire por unidad de tiempo.

**Tamaño:** por lo general, las ropas se confeccionan en dos o tres patrones: medio, grande y extra grande. Las personas que no se adaptan a estos patrones no deben realizar este tipo de trabajo a menos que confeccionen ropas a la medida.

**Obesidad:** el estrés provocado por el calor afectará más rápidamente y con mayor intensidad a las personas obesas. El estrés físico es una complicación más para este individuo.



---

**Consideraciones médicas:** es importante que exista un programa de control de la salud ocupacional para los técnicos que pueden estar sujetos al estrés ocasionado por el calor. Los técnicos deben recibir capacitación en primeros auxilios, resucitación cardiopulmonar y señales y síntomas de los efectos agudos causados por el calor.

**Capacitación:** el trabajo en ambientes excesivamente calientes puede dar lugar a enfermedades causadas por el calor, accidentes, aumento de la susceptibilidad a las sustancias tóxicas. Todos los técnicos que estén sujetos al estrés provocado por el calor, deben de recibir capacitación en las siguientes áreas: aclimatación, reposición de agua y sales, señales y síntomas de los efectos causados por el calor y por la combinación del calor con bebidas alcohólicas o que contienen cafeína.

**Aclimatación:** la aclimatación es un proceso fisiológico de adaptación que permite que un individuo trabaje más productivamente con menos incomodidad bajo condiciones de estrés provocadas por el calor. Por lo general, el proceso de aclimatación dura de cuatro a siete días y permite una disminución de la temperatura corporal y frecuencia cardiaca que a su vez da lugar a una reducción de pérdidas de sales y a un aumento sustancial del desempeño en el trabajo. Sin embargo, la aclimatación se puede perder tan rápidamente como se obtuvo. Los técnicos aclimatados que regresan al trabajo después de nueve días o más, de enfermedad, deben de someterse a un periodo de reaclimatación de cuatro días y los técnicos no aclimatados, a uno de seis, primero con 50% de la carga de trabajo prevista y del tiempo de exposición del primer día. Esta carga de trabajo y tiempo de exposición puede aumentar 10% diariamente hasta alcanzar la capacidad total de trabajo después de seis días.



---

**Consideraciones finales:** solo dos personas como mínimo, debidamente protegidas y acompañadas por un equipo de resguardo, deben ingresar a las áreas con riesgo de explosión provocados por sustancias peligrosas.

Todos los equipos de protección se deben limpiar e inspeccionar minuciosamente todos los días para detectar desgastes y posibles averías. Un equipo de protección mal seleccionado o averiado, puede aumentar el riesgo de accidentes, en lugar de evitarlos.

Se deben considerar otros factores para el uso de los equipos de protección personal, tales como: el nivel de actividad física del usuario, sus condiciones físicas y el nivel de capacitación o experiencia que tenga en el uso de los equipos.

La descontaminación de las ropas contaminadas durante la atención a emergencias. Estas se deben descontaminar en el lugar de la atención antes de que el usuario se las retire, para lo cual se puede utilizar **mangueras o nebulizadores de agua**. Este procedimiento asegurará una vida útil más prolongada e impedirá que las personas que vuelvan a usar estos equipos se contaminen.

Por último, se debe recordar que todo equipo de protección debe ser:

- ✓ Almacenado para evitar su daño accidental;
- ✓ Guardado en un lugar de fácil acceso; e
- ✓ Inspeccionado y reparado periódicamente, de acuerdo con las necesidades.



---

## CAPÍTULO IV

En este capítulo, se detalla como transportar el producto químico amoníaco, se describen las distancias de aislamiento inicial y de acción protectora de las diferentes concentraciones de amoníaco anhídrido. Se sugieren agentes y sistemas de extinción de incendios para el control de derrame, fuga o incendio, tomando en cuenta los riesgos que puede poner en peligro la salud y la vida, dando como respuesta protección personal durante la fase de respuesta inicial del incidente.

### 4.1 Objetivos de la seguridad, higiene industrial y control ambiental

1. Evitar la lesión y muerte por accidentes y enfermedades profesionales.
2. Reducir los costos
3. Disminuir los riesgos de daño al ambiente
4. Hacer que la organización sea competitiva en el mercado mundial.
5. Contar con un procedimiento que administre todos los elementos relacionados para que estos objetivos se cumplan.

#### 4.1.1 Información reglamentaria

Número en el Anexo I de la Directiva 67/548 007-001-00-5

Clasificación CEE R 10/ T; R23/C; R34/N; R50

Pictogramas T: Tóxico

N: Peligroso para el medio ambiente

#### 4.1.2 Frases de riesgo

R 10 inflamable

R23 Tóxico por inhalación

R34 Provoca quemaduras (los ojos, piel y las vías respiratorias).

R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.



#### 4.1.3 Frases de seguridad

S9 Consérvase el recipiente en lugar bien ventilado

S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas-No fumar

S26 En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediatamente con abundante agua y acúdase a un médico.

S36/37/39 Use indumentaria, guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.

S45 En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta).

S61 Evítese su liberación al ambiente.

#### 4.1.4 Número de identificación

CAS: 7664-41-7 (anhidro) NIOSH: BO 0875000

UN: NOAA: 4860 (anhidro)

1005 (anhidro y disolución de concentración mayor a 50%)

5360 (disolución acuosa al 44%)

2672 (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

RTECS: BO0875000 (anhidro)

2073 (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

BQ9625000 (disolución acuosa al 44%)

STCC: 4904210 (anhidro)

HAZCHEM CODE: 4904220 (disolución acuosa al 44%)

2PE (anh. y disol. Mayores de 50%)

NFPA: Salud: 3 Fuego: 1 Reactividad: 0 (anhidro) 2P (disol. acuosa entre 10% y 35%)

NOM 114: Salud: 2 Fuego: 1 Reactividad: 0 2PE (disol. acuosa entre 35% y 50%)

El producto esta incluido en: CERCLA, EHS y 313





#### 4.1.5 Control de exposición

Valor límite de exposición: TLV 25ppm (2000 edición)

Límite Permisible Ponderado: 20 ppm - 14 mg/m<sup>3</sup>

Límite Permisible Absoluto: 24 mg/m<sup>3</sup>

#### Para amoníaco anhidro:

RQ: 100

TPQ: 500

IDLH: 500 ppm

LC50 (inhalación en ratas y ratones): 3380-18700 mg/m<sup>3</sup>

Irritación en ojos en humanos: 700 ppm

LCLo (inhalación en humanos): 5000 ppm/5 min

LD50 (oral en ratas): 350 ppm/4 h

LC50 (inhalado en ratas):2000 ppm/4 h

Nivel más bajo de percepción humana: 0.04 g/m<sup>3</sup> (53 ppm)

#### Disolución Acuosa al 20-30%

Irritación de ojos en conejos: 100 mg (severa)

LDLo (oral en humanos): 43 mg/kg

LCLo (inhalado en humanos): 5000 ppm

LD50 (oral en ratas):350 mg/kg

#### México:

CPT: 18 mg/m<sup>3</sup> (25 ppm)

CCT: 27 mg/m<sup>3</sup> (35 ppm)



#### **4.1.6 Información reglamentaria para el transporte de amoníaco**

Nombre propio para el transporte Amoníaco anhidrido

Número ONU 1005

Clase y división: 2.3

Clase 2; Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión.

2.3 Gases tóxicos

Clase 8; Corrosivos

Riesgo subsidiario: 8

Código de clasificación; ADR/RID 2 TC    Número de riesgo de ADR/RID: 268

Etiquetado según ADR Etiqueta 2.3: Sustancia tóxica

Etiqueta 8: Sustancia corrosiva (disolución acuosa entre 10% y 35%)

Gas venenoso (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

##### **4.1.6.1 Requisitos de empaque y transportación terrestre**

###### **Marcaje:**

1005. Gas tóxico (anhidro y disoluciones con concentración mayor a 50).

2672. Sustancia corrosiva (disoluciones acuosas entre 10% y 35%).

2073. Gas tóxico (disoluciones acuosas entre 35% y 50%).

Código HAZCHEM:

2PE anhidro y disoluciones acuosas entre 35% y 50%.

2P disoluciones acuosas entre 10% y 35%.



---

**Placa de identificación para autotanque.-** Cada autotanque cuenta con una placa de identificación y contiene la siguiente información:

- ✓ Fabricante del autotanque.
- ✓ Número de serie del fabricante.
- ✓ Identificación de especificación del material.
- ✓ SCT 306 o SCT 307 o SCT 312 o sin código.
- ✓ Fecha de fabricación.
- ✓ Fecha de prueba original.
- ✓ Fecha de certificación.
- ✓ Presión de diseño.
- ✓ Presión de prueba.
- ✓ Material de la cabeza (tapas).
- ✓ Material del cuerpo.
- ✓ Clase de la soldadura.
- ✓ Clase de revestimiento, si lo hay.
- ✓ Capacidad volumétrica nominal del tanque por compartimiento (de adelante hacia atrás).
- ✓ Peso bruto vehicular.
- ✓ Límites de carga.
- ✓ Límites de descarga.


**Recomendaciones:**

- ✓ Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor.
- ✓ Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce qué hacer en caso de un accidente o de una emergencia.
- ✓ Antes de transportar las botellas: Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan.



- ✓ Asegurarse que el tapón del acoplamiento de la válvula (cuando exista) esta adecuadamente apretado.
- ✓ Asegurarse que la caperuza de la válvula o la tulipa, (cuando exista), esta adecuadamente apretada.
- ✓ Asegurar una ventilación adecuada.
- ✓ Asegurarse de cumplir con la legislación aplicable.
- ✓ Los cilindros no deberán recibir impactos ni pinchazos de arco eléctrico ni cualquier tipo de esmerilado.
- ✓ No caliente el cilindro para incrementar la carga del producto.
- ✓ No transporte los cilindros en espacios confinados.

**Tabla 4.1 Identificación de riesgos**

Riesgo Principal:	Corrosivo y tóxico					0 = Ninguno 1 = Ligero 2 = Moderado 3 = Severo 4 = Extremo
Código W & Z:	3		2	3		
Rótulo de Transporte: Clase 8	salud inflamable reactivo contacto					
						



#### 4.1.7 Requisitos de empaque y transportación marítima

Número en IMDG:

2016 (anhidro y disoluciones con concentración mayor a 50)

8110 (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

2017 (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

**Clase:**

2 (anhidro y disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

8 (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

**Marcaje:**

Gas venenoso (anhidro y disoluciones con concentración mayor a 50)

Corrosivo (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

Gas no inflamable comprimido (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

#### 4.1.8 Requisitos de empaque y transportación aérea

Código ICAO/IATA:

1005 (anhidro)

2672 (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

2073 (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

**Clase:**

2 (anhidro y disoluciones acuosas entre 35% y 50%)

8 (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

**Marcaje:**

Gas venenoso, Gas inflamable (anhidro)

Corrosivo (disoluciones acuosas entre 10% y 35%)

Gas no inflamable (disoluciones acuosas entre 35% y 50%)



---

**Cantidad máxima permitida en vuelos comerciales:**

Anhidro y disoluciones acuosas entre 35% y 50%: Prohibido

Disoluciones acuosas entre 10% y 35%; 5 litros

**Cantidad máxima permitida en vuelos de carga:**

Anhidro: 25 kg

Disoluciones acuosas entre 10% y 35%: 60 litros

Disoluciones acuosas entre 35% y 50%: 150 kg



---

## 4.2 Distancia de aislamiento inicial y distancias de acción protectora (RIT)

Esta sección consiste en una tabla que enlista, sólo las sustancias que son tóxicas por inhalación (Materiales con Riesgo de Inhalación Tóxica) y sustancias que al contacto con el agua producen gases tóxicos. Esta tabla proporciona dos tipos de distancias de seguridad recomendadas: “La distancia de aislamiento inicial” y “La distancia de protección”. La tabla contiene distancias para pequeños derrames (menos de 200 litros) y grandes derrames (más de 200 litros). La lista se subdivide en situaciones de día y situaciones de noche, esto es debido a las condiciones atmosféricas que afectan el tamaño del área de riesgo. La distancia cambia del día a la noche debido a las diferentes condiciones de dispersión y mezcla de aire. Durante la noche, el aire está generalmente más calmo y esto provoca que el amoníaco se disperse menos y por lo tanto crea una “zona tóxica” que es mayor a la que ocurría de día. Durante el día, el amoníaco es generalmente dispersado por una atmósfera mucho más activa. El producto estará presente en un área mucho mayor; sin embargo, el área donde se encuentre la concentración tóxica del producto será menor (debido a una mayor dispersión). Es la cantidad del producto la que produce daño, no sólo su presencia.

### 4.2.1 Distancia de aislamiento inicial

Es una distancia en todas las direcciones desde la fuente del derrame o escape, dentro de la que todas las personas deben ser consideradas para la evacuación. Es una distancia (radio) que define un círculo (Zona de aislamiento Inicial) dentro de la que personas ubicadas en la dirección del viento, pueden estar expuestas a concentraciones tóxicas y su vida corre peligro. En el caso No. 1005, “Amoníaco, anhidro, licuado”, la distancia de aislamiento inicial para pequeños derrames es de 30 metros que por consiguiente presentan un círculo de evacuación de 60 metros de diámetro.



#### 4.2.1.1 Tabla de aislamiento inicial y distancias de acción protectora (RIT)

DERRAMES PEQUEÑOS				DERRAMES GRANDES			
No. de ID	NOMBRE DEL MATERIAL	DIA m	NOCHE Kms.	Primero AISLAR a la redonda		Primero AISLAR a la redonda	
				Luego, PROTEJA a las personas en la dirección del viento durante	Luego, PROTEJA a las personas en la dirección del viento durante	Luego, PROTEJA a las personas en la dirección del viento durante	Luego, PROTEJA a las personas en la dirección del viento durante
1005	Amoniaco, anhidro, licuado	30	0.2	0.2	60	0.5	1.1
1005	Amoniaco, solución con más del 50% de amoniaco	30	0.2	0.2	60	0.5	1.1
1005	Amoniaco, anhidro	30	0.2	0.2	60	0.5	1.1





#### 4.2.1.2 Como usar la tabla de aislamiento inicial y distancias de acción protectora

(1) El responsable de las acciones de respuesta deberá:

- ✓ Identificar la sustancia por el número de Naciones Unidas (ONU) y nombre.

**Tabla 4.2 Identificación del amoníaco**

Nombre del material	Guía	No. ONU
Amoníaco, anhidro	125	1005
Amoníaco, anhidro, licuado	125	1005
Amoníaco, solución de, con más del 50% de amoníaco	125	1005
Amoníaco, solución de, con más del 35% y un máximo del 50% de amoníaco	125	1005

- ✓ Adoptar las acciones de emergencia recomendadas.
- ✓ Observar la dirección del viento.

(2) Buscar en la tabla de Aislamiento Inicial y distancias de acción protectora.

(3) Determine si el incidente involucra un derrame PEQUEÑO o GRANDE y si es de DIA o de NOCHE. El día es cualquier momento después de la salida del sol y antes del atardecer. La noche es cualquier momento entre el atardecer y la salida del sol. La respuesta frente a un incidente con materiales peligrosos, debe ser proporcional y adecuada al tipo de incidente.



(4) Busque la distancia de AISLAMIENTO INICIAL. Indique a todas las personas en el área afectada, que se muevan en una dirección perpendicular (cruzado) al viento, lejos al derrame a la distancia especificada en metros.

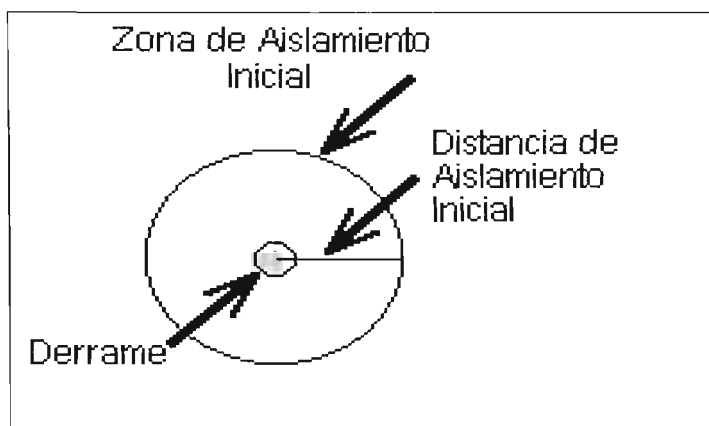


Fig. 4.1 Diagrama de aislamiento

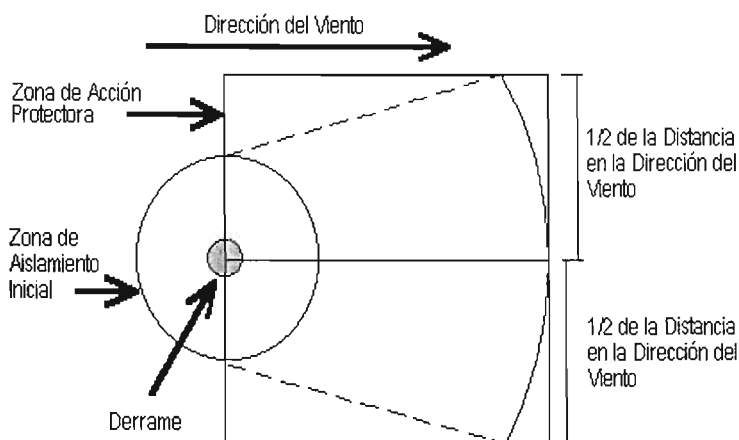
(5) Busque la DISTANCIA DE ACCIÓN PROTECTORA INICIAL, mostrada en el objetivo 4.2.2.1, para determinado tamaño de derrame de amoníaco, ya sea de día o de noche, muestra la distancia a favor del viento (en metros y kilómetros) para lo cual las acciones de protección deberán de ser consideradas. La Zona de Acción Protectora (ejemplo, el área en que la gente está en riesgo de exposición perjudicial) es un cuadrado cuyo largo y ancho es el mismo que la distancia a favor del viento mostrada en la tabla.

(6) Inicie las acciones de protección. Comience con las **acciones de protección** si puede hacerlo sin arriesgar su vida. Empiece con aquellas personas más cercanas al sitio del derrame y manténgase alejado del lugar del accidente, con viento a favor.



La forma del área en la cual se deberán tomar las acciones de protección (la Zona de Acción Protectora) se muestra en la figura 4.2. El derrame se localiza en el centro del círculo pequeño. El círculo grande representa la zona de AISLAMIENTO INICIAL alrededor del derrame.

**Fig. 4.2 Distancia de Acción Protectora**



**Nota:** Llame al número de respuesta de emergencia mencionado en el documento de embarque, o a la dependencia de respuesta apropiada tan pronto como le sea posible para información adicional sobre el material, precauciones de seguridad y procedimientos de mitigación.



#### 4.2.1.3 Material con Riesgo de Inhalación Tóxica (RIT)

Es un líquido o gas el cual se sabe que es tan tóxico a la salud del ser humano que puede causar un riesgo a la salud durante su transporte, o en ausencia de datos de toxicidad a humanos debido a que cuando fue evaluado el amoníaco en animales de laboratorio tuvo un valor de Concentración Letal 50 (CL50) no mayor a 5000 ppm.

Es importante remarcar que, el termino “**Zonas de Riesgo**” no representa una área o distancia. La asignación de estas zonas es estrictamente en función de su Concentración Letal 50 (LC50) (por ejemplo, una Zona de Riesgo A es más tóxico que una Zona D).



---

### 4.3 Control de incendios

Para elegir un método de extinción de incendios, se debe tomar en cuenta la ubicación del incidente, los peligros de exposición, el tamaño del incendio, las características ambientales, la disponibilidad de agentes extinguidores y equipo en la escena. El agua puede ser efectiva al combatir incendios; su efectividad depende en gran parte en el método de aplicación.

Para combatir incendios de líquidos inflamables se requiere de una espuma concentrada, la cual es químicamente compatible con el material en llamas, la mezcla correcta del concentrado de espuma con el agua y el aire y la aplicación y mantenimiento cuidadoso de la capa de espuma.

Ejemplos de espuma regular son la de base-proteína, la fluoroproteína y la espuma que forma una película acuosa (AFFF). El derrame debe ser cubierto con suficiente mezcla para absorber todo el líquido y mantener una capa seca sobre el derrame. La mezcla se recoge en un recipiente y se coloca en una campana extractora de gases o en un lugar bien ventilado. En la campana extractora de gases, se añade lentamente a un balde de plástico con agua fría. **El líquido se neutraliza, con agitación, con ácido clorhídrico acuoso al 5%. La solución acuosa se decanta en el drenaje, y el sólido, bentonita-arena, se desecha en la basura común, o se lava y se seca para preparar nueva mezcla para derrames.**



#### 4.3.1 Incendio de tipo B

Se origina a partir de algunos líquidos o sólidos inflamables que pueden ser solubles en agua o insolubles en ella.

**Forma de extinción.-** Los extintores que se emplean para combatirlo son los que contienen bióxido de carbono o bien polvos químicos secos y espuma química.

**No usar líquidos vaporizantes ya que se elaboran con base en clorobromometano, bromotrifluorometano o bromuro de metilo, estos extintores pueden resultar tóxicos.**

#### 4.3.2 Medidas para combatir un incendio

Aunque es un gas poco inflamable, el amoníaco puede llegar a serlo en el aire a concentraciones relativamente elevadas, por lo que una fuga importante podría desencadenar una explosión. Las botellas que contienen amoníaco líquido son propensas a estallar rápidamente si se ven afectadas por un incendio. En la combustión libera gases tóxicos y corrosivos.

- ✓ Debido a que la disolución acuosa es no inflamable, el extinguidor a usar dependerá del tipo de material que se encuentra alrededor. Los vapores generados pueden disiparse usando agua en forma de rocío.
- ✓ Productos peligrosos de la combustión: si esta involucrado en un fuego, los humos corrosivos y/o tóxicos pueden producirse por descomposición térmica: Óxido nítrico y dióxido de nitrógeno. Los vapores diluidos deben diluirse con agua en forma de rocío y almacenar estos residuos corrosivos y tóxicos, al igual que los sólidos contaminados, en áreas seguras para su posterior **neutralización con ácido acético (vinagre) o disoluciones diluidas de ácido clorhídrico.**
- ✓ Si el derrame es en el agua, neutralizar con ácido diluido. Si la concentración es de 10 ppm o mayor, se puede agregar 10 veces la cantidad derramada de **carbón activado**. Después sacar los residuos sólidos.



- ✓ Si el escape es en el equipo del usuario, asegurarse de purgar la cañería con gas inerte antes de intentar las reparaciones.
- ✓ Mantener el material derramado alejado de fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, sacos con arena o espuma de poliuretano. El equipo se absorbe con algún producto comercial para contener derrames.
- ✓ Rotule con un letrero que diga "PELIGRO, FUGA DE GAS".
- ✓ Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales.
- ✓ Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados (Cap. III).
- ✓ Asegurese que se cumplen las normativas nacionales y locales.
- ✓ La presente Ficha de Datos de Seguridad esta establecida de acuerdo con las Directivas Europeas en vigor y se aplica a todos los países que han transpuesto las Directivas en su Derecho Nacional.



---

### 4.3.3 Respuesta a emergencia

#### 4.3.3.1 Incendios pequeños

- ✓ Uso de extintores de Anhídrido Carbónico o CO<sub>2</sub> y polvos químicos secos.

#### 4.3.3.2 Incendios grandes

- ✓ Use rocío de agua, niebla o espuma regular.
- ✓ Usar agua pulverizada para combatir la nube de gas, dispersar los vapores y enfriar los recipientes.
- ✓ Considerar el cubrir con espuma para reducir la evaporación.
- ✓ No introducir agua en los contenedores.
- ✓ Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.
- ✓ Los cilindros dañados, deberán ser manejados solamente por especialistas.

#### 4.3.3.3 Incendios que involucra tanques

- ✓ Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- ✓ Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- ✓ No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismo de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.

SIEMPRE mantenerse alejado de los extremos de los tanques.

#### 4.3.3.4 Derrame o fuga

**1. Gas comprimido (no licuado).**- Son aquellos que permanecen completamente en estado gaseosos a temperatura ambiente normal dentro del recipiente, a cualquier presión. En este tipo de producto se encuentra el amoníaco anhidro.





**2. Gas licuado.-** Son aquellos gases que a temperatura ambiente la fase gas permanece en equilibrio con la fase líquida, la presión de vapor de estos líquidos en un recipiente a temperatura ambiente no es mayor a las 850 libras por pulgada cuadrada (psig).

- ✓ El amoníaco se puede licuar cuando se somete a una presión de aprox.  $8\text{kgf/cm}^2$  o a una temperatura de aprox.  $-33.4^\circ\text{C}$ . Una vez liberados, los gases licuados por acción de la presión y/o temperatura, tienden a retornar a su estado gaseoso.
- ✓ Deberán usarse trajes protectores de encapsulamiento total contra el vapor, en derrames y fugas sin fuego.
- ✓ Evacuar el área de escape en la dirección contraria del viento.
- ✓ No tocar ni caminar sobre el material derramado.
- ✓ Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- ✓ Si es posible, voltee los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido.
- ✓ No ponga agua directamente al derrame o fuente de la fuga.
- ✓ Use rocío de agua para reducir los vapores o desviar la nube de vapor a la deriva.
- ✓ Aisle el área hasta que el gas se haya dispersado.
- ✓ Ventilar la zona de derrame o fuga para disparar los vapores.
- ✓ Retirar los focos de ignición.
- ✓ Una propiedad fisicoquímica importante durante la atención a las fugas de gases es la densidad de producto en relación con el aire. Los gases más densos que el aire tiende a acumularse en el nivel del suelo y, por consiguiente tendrán una dispersión difícil comparada con la de los gases, con una densidad próxima o inferior a la del aire.
- ✓ Usar agua pulverizada para combatir la nube de gas.
- ✓ En el escenario del accidente, puede ser necesario aplicar **neblina de agua** para agotar los gases o vapores emanados por el producto, solamente se deberá aplicar sobre la nube y no sobre los charcos formados por el gas licuado, ya que provocarían una intensa evaporación del producto y un aumento en los vapores en la atmósfera. La operación para el agotamiento de los gases será más eficiente,



---

mientras mayor sea la solubilidad del producto presente en el agua, como es en el caso del amoníaco. El agua usada para agotar los gases debe de recolectarse posteriormente a fin de evitar la contaminación de los recursos hídricos en la región del accidente.

- ✓ Para reducir la tasa de evaporación del producto, se puede aplicar una **capa de espuma** sobre el charco formado. En las fugas de productos licuados se deberá dar prioridad a la de la fase gaseosa y no a la fuga en fase líquida.
- ✓ Después de una fuga de gas licuado, la fase líquida del producto estará a una temperatura próxima a su temperatura de ebullición, es decir a un valor suficientemente bajo para que, en caso de contacto con la piel, no provoque quemaduras.
- ✓ Así, en ambientes confinados, se debe monitorear constantemente la concentración de oxígeno, En las situaciones en que la concentración de oxígeno es inferior a 19.5%, se deberán adoptar medidas para establecer el nivel normal de oxígeno, es decir, un volumen aprox. 21%. Estas medidas consisten en ventilación, natural o forzada, del ambiente. En estas situaciones es muy importante monitorear frecuentemente el nivel de oxígeno.
- ✓ La radiación térmica de las llamas puede ser suficientemente alta para provocar un aumento de la presión interna del recipiente.
- ✓ Tomar precauciones para evitar la contaminación de los cursos de agua y drenaje.



#### 4.3.3.5 Métodos de limpieza

- ✓ El líquido o sólido con que es absorbido el derrame, se transfiere a recipientes de polietileno o recubiertos con el y se neutraliza cuidadosamente con ácido clorhídrico 6M, controlando la temperatura, si es necesario. Agregar agua con cuidado y decantar el líquido, el sólido absorbente puede reutilizarse.
- ✓ En general, evitar la descarga en la atmósfera.
- ✓ No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de **antirretroceso de llama**.
- ✓ El gas debe ser lavado en solución de ácido sulfúrico.
- ✓ El gas puede ser lavado en agua.
- ✓ Los gases tóxicos y corrosivos formados durante la combustión deben ser lavados antes de ser descargados en la atmósfera.
- ✓ El suelo debe de estar libre de escarcha.
- ✓ Contactar con el suministrador si se necesita orientación.
- ✓ Disposición de residuos químicos: Diluir con agua en una proporción aproximada de 1:5 u otra que sea necesaria y luego neutralizar con ácido sulfúrico diluido hasta pH 6-8. La solución salina resultante, se disuelve con más agua y se elimina en las aguas residuales o por el desagüe.

#### 4.3.3.6 Control del vapor

Limitar la cantidad de vapor emitido por un charco de líquidos inflamables o corrosivos es una prioridad. Antes de involucrarse en el control de vapor, se requiere el uso de ropa apropiada, equipo especializado, agentes químicos apropiados y personal capacitado. Hay varias maneras de minimizar la cantidad de vapores que escapan de charcos de líquidos, como **espumas especiales, agentes absorbentes, agentes adsorbentes y agentes neutralizadores**.



En el rocío de agua, el agua que se usa forma un sello de vapor, se debe tener cuidado de no agitar o extender más el derrame durante su aplicación. Los vapores que no reaccionan con el agua, pueden ser dirigidos fuera del sitio, usando las corrientes de aire que rodean al rocío de agua para controlar con seguridad la emisión de vapor o para prevenir al encendido.

#### **4.3.3.7 Técnicas para reducir riesgos en los accidentes de sustancias corrosivas**

- ✓ Son sustancias que presentan una severa tasa de corrosión al acero. Estos materiales provocan daños a los tejidos humanos. Existen dos grupos principales con estas propiedades los ácidos y bases. Los productos pertenecientes a esta clase reaccionan con la mayoría de los metales generando hidrógeno (gas inflamable).
- ✓ En los accidentes con ácidos o bases que llegan a cuerpos de agua, podrá producir una mayor o menor variación del pH natural, según factores, como la concentración y cantidad del producto vertido, además del cuerpo de agua afectada.
- ✓ Algunos productos presentan como riesgo secundario un alto poder oxidante, para la manipulación de corrosivos, se recomienda usar ropa de PVC.
- ✓ El monitoreo ambiental durante las operaciones son mediciones de pH y la conductividad.
- ✓ Uno de los métodos que se puede aplicar para reducir los riesgos es la neutralización del producto derramado. Esta técnica consiste en agregar un producto químico, de manera que se logre un pH próximo natural.
- ✓ Para la neutralización de sustancias ácidas se emplea el carbonato sódico y la cal hidratada, ambas son alcalinas. El uso de cal viva no es recomendable debido a que su reacción con los ácidos es extremadamente energética.



- ✓ Antes de llevar a cabo la neutralización, se deberá recolectar la mayor cantidad posible de producto derramado a fin de evitar el consumo excesivo del producto neutralizante y la generación de una gran cantidad de residuos.
- ✓ Se deberá realizar la remoción total y disposición adecuada de los residuos provenientes de la neutralización.
- ✓ Otras técnicas para reducir los riesgos en los accidentes de sustancias corrosivas son; la absorción, remoción y dilución, según sea el caso. Para elegir el método más adecuado se deben de considerar los aspectos de seguridad y protección ambiental.
- ✓ La absorción y la recolección son las técnicas más recomendadas comparadas con la neutralización y dilución.
- ✓ Cuando hay descontrol por la neutralización, podrá haber una inversión brusca en la escala del pH, lo que producirá efectos mucho más dañinos para los ecosistemas que resistieron a la primera variación del pH.
- ✓ La técnica de dilución solamente se deberá usar cuando la contención del producto derramado sea imposible y si tiene un volumen bastante reducido debido a que el volumen de agua necesario para obtener concentraciones seguras con este método siempre será muy grande, en el orden de 1,000 a 10,000 veces el volumen del producto vertido. Si el volumen de agua agregado al producto no es suficiente para diluirlo en niveles seguros, la situación se agravará debido al aumento del volumen de la mezcla.

**Tabla 4.3 Neutralización de Ácido Nítrico al 98%**

Neutralizante (Factor K)	HCl 30%	HCl 33%	HCl 36%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 98%	Ca(OH) <sub>2</sub> Cal hidratada al 100%	Carbonato de sodio	NaOH 50%	NaOH 98%	Sulfato de sodio 100% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
Ácido Nítrico al 98%	N	N	N	N	N	0.60	0.80	1.25	0.65	N



---

#### 4.3.4 Agentes extintores

Los agentes extintores son sustancias que extinguen los incendios suprimiendo uno más lados del tetraedro del fuego por medio de las siguientes acciones:

1. **Enfriamiento.**- reducción de la temperatura del combustible por abajo de su temperatura de ignición.
2. **Sofocación.**- separación de los vapores combustibles o enrarecimiento del porcentaje de oxígeno alrededor del fuego.
3. **Eliminación del oxígeno.**- reducción de la cantidad de oxígeno por debajo de la cantidad necesaria para sostener la combustión.
4. **Corte de la reacción en cadena.**- interrupción del proceso químico que sostiene la combustión.

Los diferentes tipos de agentes extintores se deben de aplicar de acuerdo a su acción extintora y a las propiedades físicas de los combustibles (sólidos, líquidos o gases); algunos agentes pueden usarse para varias clases de fuegos, pero otros son de uso específico.

##### 4.3.4.1 Agua

Es primordialmente un agente enfriador, y al convertirse en vapor desplaza el aire que suministra oxígeno al proceso de combustión. Se aplica en fuegos clase "B" (por rocío de agua).

##### 4.3.4.2 Espuma

Es una solución productora de burbujas que apaga el fuego por sofocación al formar una cubierta sobre la superficie de los líquidos inflamables (fuego clase "B"), aunque también tiene un efecto enfriador. Se obtiene mezclando agua y un



---

concentrado de espuma. Por su origen, los tipos básicos de espuma son la química (mezcla con un ácido con un álcali en agua) y la mecánica (mezcla de un concentrado proteico con agua).

#### **4.3.4.3 Bióxido de carbono**

Actúa sobre el fuego diluyendo el aire que lo rodea hasta que el contenido de oxígeno es tan bajo que ya no puede mantener la combustión. A diferencia de otros agentes, se disipa sin dejar residuos y no conduce electricidad. Se utiliza en fuegos clases "B".

#### **4.3.4.4 Sustancias químicas secas**

Son agentes de sustancias químicas secas: bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, bicarbonato de urea de potasio, cloruro de potasio y monofosfato de amonio. Extinguen el fuego por enfriamiento, sofocación, protección contra el calor radiante o interrumpiendo la reacción en cadena de la combustión.

#### **4.3.4.5 Carbón activado**

Las propiedades adsorbentes de los carbones activados son esencialmente atribuidas a su extensa área específica, a su alto grado de reactividad y a su adecuado tamaño de poro. Esta última característica es muy importante ya que hace más accesible al adsorbato el área específica interna del carbón activado, aumentando por una parte la velocidad de absorción y por otra confiriéndole una resistencia estructural específica. El hecho de que diversos estudios de resonancia electrónica han demostrado en los carbones activados existen estructuras con radicales libres o electrones no apareados, de tal manera que los átomos de carbono que presentan estas estructuras pueden interactuar con átomos de oxígeno, hidrógeno, nitrógeno o azufre, creando así diferentes grupos funcionales



superficiales mismos que determinan en parte la afinidad que muestran estos productos activados para adsorber diferentes tipos de compuestos.

La composición elemental es 88% de carbono, 0.5% de hidrógeno, 0.5 de nitrógeno, 1% de azufre y 6-7% de oxígeno, el resto representa cenizas inorgánicas. Los carbones activados a baja temperatura desarrollan grupos superficiales ácidos los cuales tienen carácter hidrofílico y poseen un potencial Z negativo.

### **4.3.5 Sistemas de extinción de incendios**

#### **4.3.5.1 Sistemas portátiles**

Son equipos que se pueden transportar el área del incendio para combatirlo con rapidez, pero contienen un suministro limitado de agente extintor. Los extintores portátiles están clasificados y señalados con una o más letras (indicando la clase de fuegos en los que se puede usar) y con un número de serie (indicando la eficiencia relativa del extintor o su tamaño). Su eficiencia dependerá de la forma correcta de uso. Los tipos principales de extintores portátiles son: de agua, bióxido de carbono, y de productos químicos secos.

#### **4.3.5.2 Sistemas semiportátiles**

Los extintores semiportátiles permiten que se extienda una manguera hasta el lugar del incendio llevando con rapidez una cantidad considerable de agente extintor; mientras que los otros componentes del sistema se encuentran en un lugar fijo; sin embargo, el área protegida se encuentra limitada por la longitud de la manguera. Los principales sistemas semiportátiles son: de bióxido de carbono, de productos químicos secos y de espuma.





#### **4.3.5.3 Sistemas fijos**

Se diseñan e instalan en una embarcación como parte de su construcción original buscando controlar los riesgos potenciales de incendio, así como los usos de los espacios protegidos y de acuerdo con el tipo y configuración del buque. La tripulación debe saber su ubicación, cómo operarlos, darles mantenimiento y efectuar las pruebas e inspecciones requeridas.

#### **4.3.5.4 Sistema general contraincendio**

Abastece de agua a todas las áreas de la embarcación y su limitante es el efecto del agua sobre la estabilidad del buque y la capacidad de las bombas de suministro. Consta de bombas contraincendio, estaciones de bomberos, tubería principal y ramales, válvulas de control, mangueras, boquillas y aplicadores.

#### **4.3.5.5 Sistema de aspersión de agua**

Se utiliza por lo general para proteger las cabinas de alojamiento, los pasillos adyacentes y los espacios y cubiertas vehiculares. Su función es proteger la estructura de la embarcación, limitar la dispersión del fuego y controlar la cantidad de calor producida. Se compone de tubería, válvulas, boquillas aspersoras, bombas y suministro de agua. Puede ser de tipo automático (accionado por eslabones fusibles) o manual (requiriendo del arranque de las bombas y la apertura de la válvula de control).

#### **4.3.5.6 Sistema de rocío de agua**

Es similar al sistema de aspersión, pero utiliza boquillas y disposición de tuberías diferentes. No se emplea para extinguir un incendio sino que se utiliza, principalmente para proteger, por enfriamiento, la tubería y las secciones expuestas



---

de los tanques de almacenamiento de las embarcaciones que transportan gases criogénicos, las garzas y los múltiples.

#### **4.3.5.7 Sistema de espuma**

Se usa principalmente para combate de fuegos de clase "B", en los cuartos de maquinaria, calderas y bombas. La espuma se puede generar de forma química o mecánica; la espuma química tiene más cuerpo que la mecánica y produce una cobertura más resistente.

#### **4.3.5.8 Sistema de bióxido de carbono**

Se emplea para proteger las áreas de carga y almacenamiento, la cocina, los sistemas de ductos y los cuartos de máquinas, generadores y bombas. Por lo general se utiliza un sistema de inundación total que se activa en forma manual, debiendo descargarse por lo menos el 85% del gas en menos de 2 minutos. Consiste de cilindros de almacenamiento, tubería, válvulas, boquillas de descarga, dispositivos de descarga retardada y alarmas de advertencia.

#### **4.3.5.9 Sistema de polvo químico seco (para cubiertas)**

Se usa en embarcaciones tanque para proteger el área de la cubierta de carga y los múltiples de las estaciones de carga, y esta compuesto por varias unidades independientes de activación manual montadas sobre largueros. Consta de un tanque de almacenamiento, cilindros de nitrógeno, mangueras de caucho, boquillas y monitores de torreta.



---

#### **4.3.5.10 Sistema de gas inerte (para embarcaciones tanque)**

Aunque no es propiamente un sistema para la extinción de incendios, esta diseñado para impedir incendios y explosiones al suministrar a los tanques de carga una mezcla de gas con un contenido de oxígeno del 5% o menos por volumen a fin de mantener una atmósfera inerte. Consiste de un generador de gas, lavador, ventiladores o sopladores, líneas de distribución, válvula de alivio, instrumentación, alarmas y controles, todos estos sistemas deben de cumplir con los requisitos establecidos por los reglamentos internacionales



---

## 4.4 Riesgos a la salud

### 4.4.1 Inhalación

Reduce la captación de oxígeno por la hemoglobina debido a su impacto en el pH de la sangre. Esto podría explicar, como la tasa de oxigenación se ve reducida y no puede cumplir con la demanda metabólica para la oxigenación de los tejidos, al incrementarse, simplemente el corazón no puede juntarse a tales demandas y aparecen patologías modernas como ascitis y fallas cardíacas como es la ruptura aórtica. Irrita y quema el tracto respiratorio produciendo laringitis, dificultad para respirar, tos y dolor de pecho. En casos graves, produce edema pulmonar (después de 48 horas de una exposición severa) y neumonía. En casos de exposición a concentraciones altas, se presentan daños severos a los pulmones y efectos cardiovasculares secundarios que provocan convulsiones, coma y finalmente la muerte. Los principales efectos se detectan en el tracto respiratorio superior debido a su gran solubilidad en los fluidos acuosos y por lo general son reversibles, sin embargo se ha informado de casos de bronquitis crónica provocada por este producto.

La concentración de 280 mg/m<sup>3</sup>, produce irritación de la traquea inmediatamente; a 1200 mg/m<sup>3</sup>, se produce tos; a 1700 mg/m<sup>3</sup> existe el riesgo de muerte y a una concentración entre 3500 y 7000 mg/m<sup>3</sup>, la muerte es inminente. En estudios realizados con voluntarios, se encontró que personas expuestas a amoníaco y óxidos de nitrógeno a concentraciones superiores a 20 mg/m<sup>3</sup> por 3 h/día durante 2 ó 3 años, presentaron mayor incidencia de enfermedades del tracto respiratorio superior de los no expuestos. Para algunas personas el olor umbral del amoníaco se encuentra en las 5 –25 ppm. La experiencia indica que entre 50–100 ppm. Para gases y vapores tóxicos; concentración Media Letal-4 horas de exposición: 500-2000 mg/m<sup>3</sup>.



#### **4.4.2 Contacto con los ojos**

Los irrita, tanto en forma gaseosa, como en disolución, provocando dolor, conjuntivitis, lagrimeo e incluso erosión de la córnea, lo que puede generar pérdida de la vista. Esta irritación se presenta a concentraciones mayores de 20 mg/m<sup>3</sup> y generalmente es reversible. En estudios con ratas, una concentración de 470 mg/m<sup>3</sup> por 90 días, produjo opacidad de la córnea en una tercera parte de la población, mientras que el resto sólo presentó irritación.

#### **4.4.3 Contacto con la piel**

El vapor, en presencia de humedad, es un gas irritante para la piel. Causa quemaduras y dolor; el contacto con el gas licuado causa congelación de la parte afectada. La piel se ve afectada a concentraciones de aprox. 7000 mg/m<sup>3</sup>.

#### **4.4.4 Ingestión**

Por ser cáustico, tiene un efecto destructivo de los tejidos, produciendo náusea, vómito y quemaduras en la boca, esófago, estómago, tracto gastrointestinal e intestino delgado.

#### **4.4.5 Carcinogenicidad**

A pesar de que no existen evidencias que sugieran que el amoníaco es carcinogénico, se ha observado en animales sometidos a este producto, un aumento en lesiones inflamatorias de colon y proliferación celular, lo que incrementa la susceptibilidad al cáncer. Sin embargo en experimento con ratones a los que se les dio de beber disoluciones acuosas de este producto en un período largo, no se presentó ningún efecto de este tipo.



---

#### **4.4.6 Mutagenidad**

Se encontró este efecto en estudios con *Escherichia coli*, pero en el tratamiento sólo quedaron vivos menos del 2%. Lo mismo sucedió con *Drosophila melanogaster*.

#### **4.5 Acciones de emergencia**

##### **4.5.1 Primeros auxilios**

El personal que atiende la emergencia deberá vestir el equipo de seguridad adecuado, evitando todo contacto con el producto químico. En general todos los casos de exposición de amoníaco o disolución acuosa, deben de seguirse los siguientes pasos:

- ✓ Trasladar a la víctima a una zona bien ventilada.
- ✓ Evaluar los signos vitales.
- ✓ Asegurar que no existen traumas.
- ✓ Si no hay pulso proporcionar rehabilitación cardiopulmonar.
- ✓ Si no respira dar respiración artificial
- ✓ Si la respiración es dificultosa, administrar oxígeno.

##### **4.5.2 Inhalación**

- ✓ Puede ocurrir una congestión pulmonar, por lo que si está consciente, sentarla.
- ✓ Retirar a la víctima a una zona bien ventilada donde exista aire fresco.
- ✓ Mantener a la víctima abrigada y en reposo.
- ✓ Si no respira, aplicar la respiración artificial.
- ✓ En caso de paro respiratorio emplear método de reanimación cardiopulmonar (RCP).



---

### 4.5.3 Ojos

- ✓ Lavarlos inmediatamente con agua, asegurándose de abrir bien los párpados, por lo menos durante 15 minutos y el pH sea neutro.
- ✓ Puede causar quemaduras en la córnea (con distorsión temporal en la visión).
- ✓ Recurrir a una asistencia médica de inmediato.

### 4.5.4 Piel

- ✓ Lavar cuidadosamente con agua la zona contaminada, mínimo durante 20 minutos y si el producto ha mojado la ropa, quitarla inmediatamente.
- ✓ Sacar la ropa contaminada, lávela o deséchela.
- ✓ Si la piel ha sido congelada, lavar con agua a temperatura ambiente.
- ✓ Utilice una ducha de emergencia.
- ✓ Obtener asistencia médica.

### 4.5.5 Ingestión

- ✓ No inducir el vomito.
- ✓ Dar a beber agua; niños hasta 1 año, 125 ml; niños de 1 a 12 años, 200 ml; adultos, 250 ml, sólo si la víctima se encuentra conciente. Repetir esta toma cada 10 minutos.
- ✓ En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.



---

## **4.6 Acciones de protección**

### **4.6.1 Evacuar**

Consiste en movilizar a toda la población desde un área amenazada hasta un lugar seguro. Para realizar la evacuación, es necesario disponer de tiempo suficiente para advertir a la población, para que esté preparada y para abandonar el área. Si hay tiempo suficiente, la evacuación es la mejor acción de protección. Empiece por evacuar a la población más cercana y a aquellos al aire libre que estén directamente expuestos. Cuando llegue la ayuda adicional, expanda el área que va a hacer evacuada a favor del viento y en viento cruzado hasta el punto recomendado en esta guía. Dirija a los evacuados a un lugar definido, por una ruta específica, lo suficientemente lejos para que ellos no tengan que retirarse nuevamente si el viento cambia.

### **4.6.2 Protección en el lugar**

En numerosos casos es conveniente que la población se mantenga en lugares cerrados (edificios, comercios o casas) hasta que pase el peligro. La protección en el lugar, se usa cuando la evacuación de la población pudiera causar mayor riesgos que el de quedarse donde están, o cuando una evacuación no puede ser realizada. Movilice a la gente hacia lugares cerrados, ordene cerrar todas las puertas y ventanas, sistemas de ventilación, calefacción y enfriamiento. La protección en el lugar puede no ser la mejor opción si:

- (a) los vapores son inflamables;
- (b) si toma mucho tiempo el limpiar el gas del área; ó
- (c) si los edificios no pueden cerrarse herméticamente.





---

Mantener la comunicación con personas competentes dentro del edificio para que estén avisadas acerca de los cambios de condiciones. Las personas deben ser advertidas de estar lejos de ventanas porque existe peligro de proyección de vidrios o de fragmentos de metal, en caso de un incendio o una explosión.

Los vehículos pueden ofrecer alguna protección por un período corto si se cierran las ventanas y se desconectan los sistemas de ventilación. Los vehículos no son tan efectivos como los edificios para una protección en el lugar.

#### **4.6.3 Organización /Dependencia**

Notifique a su organización /dependencia. Esto podrá en marcha una serie de eventos basados en la información proporcionada. Las acciones pueden variar desde el envío del personal entrenado a la escena, hasta activar el plan local de respuesta de emergencia. Asegúrese que los departamentos locales de bomberos y policías hayan sido notificados.

#### **4.6.4 Número de teléfono de respuesta en caso de emergencia**

Localice y llame al número de teléfono indicado en el documento de embarque. La persona que conteste el teléfono en el número de respuesta en caso de emergencia indicado, deberá ser conocedor del material y de las acciones de mitigación que se tomaran, o deberá tener acceso inmediato a una persona que tenga el conocimiento requerido.



#### 4.6.5 Ayuda Nacional

Contacte a la dependencia de respuesta de emergencia apropiada.

##### **México**

##### **1. SETIQ**

**01-800-00-214-00** en la República Mexicana

Para llamadas originadas en la Ciudad de México y el Área Metropolitana

**5559-1588**

##### **2. CECOM**

**91-800-00-413** en la República Mexicana

Para llamadas originadas en la Ciudad de México y el Área Metropolitana

**5550-1496, 5550-1552, 5550-1485, ó 5550-4885**

**FAX 5616-5560 ó 5616-5561**

Al recibir una llamada describiendo la naturaleza del incidente, la dependencia le proporcionará información inmediata sobre el manejo en las etapas iniciales de un incidente. La dependencia también se pondrá en contacto con el embarque o fabricante del material para obtener información más detallada y solicitará la ayuda en el lugar del incidente cuando sea necesaria. Consiga y proporcione la mayor información de lo siguiente que pueda obtener en forma segura:

- ✓ Su nombre, número de teléfono para recibir llamadas, número de Fax.
- ✓ La ubicación y naturaleza del problema (derrame, fuga o incendio).
- ✓ Nombre y número de identificación del material (es) involucrado (s).
- ✓ Embarcador, consignatario / punto de origen.
- ✓ Nombre del transportista, número del carrotanque o camión.
- ✓ Tipo y tamaño del envase o embalaje.
- ✓ Cantidad del material transportado / derramado o fugado.
- ✓ Condiciones locales (temperatura, terreno, proximidad a escuelas, hospitales, vías de agua, etc.)
- ✓ Lesiones y explosiones al material.
- ✓ Servicios locales de emergencia que hayan sido notificados.



---

#### 4.6.6 Centro Nacional de Respuesta (NRC)

El NRC, que es operado por la Guía Costera de los Estados Unidos, recibe reportes cuando se derraman materiales peligrosos y sustancias peligrosas. Después de recibir notificación de un incidente, el NRC notificará inmediatamente al coordinador federal apropiado en el lugar de la escena y dependencias federales involucradas. La ley federal exige que cualquiera que arroje al ambiente una cantidad reportable de una sustancia peligrosa (incluyendo aceite, cuando el agua es o puede ser afectada) o un material identificado como un contaminante marino, deberá notificarlo inmediatamente al NRC.

Cuando sé este en duda si las cantidades arrojadas igualan los niveles de reporte requeridos para estos materiales, el NRC deberá ser notificado.

**LLAME A NRC (las 24 horas)**

**01-800-424-8802**

Al llamar al número de respuesta de emergencia, CHEMTREC®, CHEM-TEL, INC., INFOTRAC o 3E COMPANY, no constituye el cumplimiento de llamar al NRC tal como lo exige la regulación.



---

#### 4.6.7 Embarques militares

Para ayuda en incidentes que involucren materiales que están siendo embarcados por, para, o al Departamento de Defensa (DOD), llame a uno de los siguientes números (las 24 horas):

**703-697-0218** (llame por cobrar) (Centro de Operaciones de la Armada de los Estados Unidos) para incidentes que involucren explosivos o municiones.

**01-800-851-8061** (llame por cobrar) (Agencia de Logística de la Defensa) para incidentes que involucren materiales peligrosos que no sean explosivos o municiones.

Los números arriba mencionados, **son solamente para emergencias.**



---

## CAPÍTULO V

### 5.1 Antecedentes

En general el uso de sustancias que por sus propiedades fisicoquímicas y biológicas son peligrosas para el trabajador (sobre todo cuando son manipulados en condiciones extremas de temperatura, presión). Han provocado además de enfermedades laborales, un daño ecológico terrible tanto en suelo, agua y aire, lo cual a motivado el establecimiento de políticas de uso de suelo, de control de emanaciones a la atmósfera, contaminación del agua, de ruido así como de estudios metodológicos en materia de impacto ambiental y análisis de riesgos.

En México como en la mayoría de los países, la regulación ambiental a evolucionado a partir de Normas Sanitarias enfocadas a controlar los posibles efectos de algunas actividades sobre la salud. En 1971 se promulgó la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, para su aplicación se creó en 1972, la Subsecretaría de Protección al Ambiente, todavía adscrita a la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

A principios de los años ochenta, se incorporaron conceptos sobre prevención y control de la contaminación en el Plan Global de Desarrollo 1981-1982, y en 1983 se publicó la Ley Federal de Protección al Ambiente, que sustituyó a la de 1971, creándose simultáneamente la Subsecretaría de Ecología dentro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

El siguiente paso que se dio en cuanto a materia de manejo de sustancias peligrosas, fue en 1988 cuando se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPA), completada con los reglamentos en materia de impacto ambiental, residuos peligrosos, prevención y control de la contaminación de la atmósfera.



---

Desgraciadamente en nuestro país ocurrieron dos lamentables accidentes el 19 de Noviembre de 1984 tuvo lugar una gran fuga de gas L.P. en San Juanico, Ciudad de México y posteriormente en Guadalajara en 1992, la infiltración de gasolina al sistema de drenaje provocó una serie de explosiones causando la pérdida de muchas vidas humanas. Éste último hecho obligo a que el 29 de Abril de 1992, el gobierno mexicano, solicitará a través de las delegaciones de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), a que las empresas industriales con mayor potencial de riesgo presentarán la información requerida en un documento llamado "Guía para la elaboración del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo", esta guía fue solicitada a 1000 empresas en el país catalogadas como altamente peligrosas.

Las empresas presentaron dicho documento en donde se clasifican como empresas con actividades altamente riesgosas si cubrían las características indicadas en un primer listado, editado en el **Diario Oficial el 28 de Marzo de 1990, para el manejo de Sustancias Tóxicas, Irritantes y Corrosivas** y posteriormente en un segundo listado para el manejo de sustancias inflamables y explosivas, este último editado el 4 de Mayo de 1992.

Posteriormente como resultado de estos estudios el Gobierno Federal estableció que para disminuir los riesgos y enfrentar contingencias derivadas de las actividades consideradas como altamente riesgosas, aquellas industrias que cuenten con dicho tipo de actividades tendrán la necesidad y obligación de contar con un programa para evitar que estas puedan tener consecuencias de desastre, elaborando otra Guía, "Programa para la prevención de accidentes".

En 1992 se transformó la SEDUE en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). En 1994 fue creada la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), integrándose el manejo de recursos y políticas ambientales, articulando los objetivos económicos, sociales y ambientales de nuestro país.



Como resultado de las experiencias acumuladas en ocho años de aplicación de la LEGEPA, en 1996 fueron aprobadas reformas a este instrumento, que incluye conceptos sobre procesos de autorregulación, auditorías ambientales voluntarias, inventarios multimedios de emisiones y transferencia de contaminantes y la unificación de los tramites para la operación y funcionamiento de establecimientos de competencia federal.

El 30 de Noviembre del año 2000, se cambió la Ley de Administración Pública Federal dando origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Este desarrollo del marco legal, aunado a un importante cuerpo de normas oficiales mexicanas, constituye un valioso sustrato jurídico que puede permitir a México intentar acciones de vanguardia en la orientación de su política ambiental.

El compromiso con que cuenta hoy la sociedad, es el tomar acciones y medidas necesarias para reducir la posibilidad de ocurrencia de accidentes, sobre todo de aquellos denominados con materiales y procesos peligrosos. Actualmente es conocido el peso que tiene el factor social en el campo de la seguridad, higiene industrial, ecológico y esta exigencia se debe en gran parte a las pérdidas mayores de vidas humanas y de recursos naturales que han ocurrido en distintas partes del mundo entre los años 1957 hasta el presente, en donde se puede identificar el alcance que puede llegar a tener un desastre industrial.

**Tabla 5.1**  
**Accidentes Industriales en México**

<b>DESASTRE</b>	<b>IMPACTO</b>
En México, entre Febrero de 1991 y Diciembre de 1992, ocurrieron 113 accidentes químicos.	Fugas y derrames de sustancias químicas.



## 5.2 Legislación mexicana

Los ordenamientos en la República Mexicana que pueden considerarse como básicos en cuanto a manejo de sustancias peligrosas, se refieren son:

1. La Constitución Mexicana artículos 27 y 73 fracción XXIX.G.
2. Ley General del Equilibrio Ecológico expedida en el diario oficial el 28 de Marzo de 1998, Título cuarto de Protección al Ambiente, capítulo IV, artículo 145, 146 y 147, "Actividades altamente riesgosas".
3. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, artículos 17 y 18.

A continuación se indica las dependencias gubernamentales que tiene actualmente la jurisdicción en la exigencia del cumplimiento de normas y reglamentos, en materia de sustancias peligrosas en nuestro país:

**Tabla 5.2**  
**Dependencias, Leyes y Reglamentos**

	MEDIO AMBIENTE	SEGURIDAD/HIGIENE	SALUD/HIGIENE
Normatividad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental</li><li>• Ley Federal de Aguas</li><li>• Leyes Estatales</li><li>• Reglamentos</li><li>• Normas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley Federal del Trabajo</li><li>• Reglamento General de salud en el trabajo</li><li>• Reglamentos</li><li>• Normas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley General de Salud</li><li>• Normas</li></ul>





Estructura Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca</li><li>• Instituto Nacional de Ecología</li><li>• Procuraduría Federal de Protección al Ambiente</li><li>• Comisión Nacional del Agua</li><li>• Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Secretaría del Trabajo y Previsión Social</li><li>• Secretaría de comunicación y Transportes</li><li>• Secretaría de Gobernación</li><li>• Secretaría de Energía</li><li>• SECOFI</li><li>• Secretaría de Salubridad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Secretaría de Salud</li><li>• Secretaría del Trabajo y Previsión Social</li></ul>
--------------------------	---	--	---



---

### **5.2.1 Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEPA)**

Publicada el 28 de Enero de 1988, modificada el 13 de Diciembre de 1996. Menciona las disposiciones para el manejo de los residuos peligrosos, incluyendo importación y exportación en sus artículos 143-147, 150-153.

### **5.2.2 Ley Orgánica de la Administración Pública Federal**

Capítulo IV, publicada el 28 de diciembre de 1994 con el apoyo de la Ley de Metrología y Normalización, crean y establecen las Normas Oficiales Mexicanas, que rigen sobre: la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente, el cuidado de los ecosistemas naturales, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (de la flora, fauna silvestre ya sea terrestre o acuática); además las descargas de agua residual.

### **5.2.3 Ley de Metrología y Normalización**

Pública el primero de julio de 1992, que dice en su artículo 40 que las normas oficiales tienen como finalidad cumplir con las condiciones de salud, seguridad e higiene en los centros de trabajo.

### **5.2.4 Ley de Comercio Exterior**

Publicada el 27 de julio de 1993. Establece las medidas de regulación y restricción no arancelaria a la exportación, importación, circulación o tránsito de mercancías. Tomando en consideración las situaciones que afectan la seguridad nacional, pública y ecológicas.



---

### 5.2.5 El Reglamento de la Secretaría del Trabajo y Previsión

Promueve las acciones necesarias para prevenir accidentes en los centros de trabajo, las que involucran en mayor medida el transporte de amoniaco son:

- **NOM-010-STPS-1999.** Describe las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, donde se manejan, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas peligrosas. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998 en cumplimiento con el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- **NOM-018-STPS-2000.** Describe los requisitos mínimos para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias química peligrosas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de septiembre de 2000, en cumplimiento al artículo 47, fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

### 5.2.6 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

Publicado el 7 de abril de 1993. Solicita que las unidades transportadoras deban de identificar el material peligroso en lugares visibles, así como lo referente a riesgos, precauciones y números telefónicos para usarse en caso de emergencia. Todo esto se describe en los artículos 36-38. Otros artículos que aplican, están consideradas en el capítulo I de este reglamento como son:



**Artículo 7°.-** “Considerando sus características, las sustancias peligrosas se clasifican en: 1 Explosivos, 2 Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, 3 Líquidos inflamables, 4 Sólidos inflamables, 5 Oxidantes y peróxidos orgánicos, 6 Tóxicos agudos (venenosos) y agentes infecciosos, 7 Radiactivos, 8 Corrosivos, 9 varios” y para el caso del amoníaco éstas quedan descritas en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3**  
**Clasificación del amoníaco**

CLASE	DENOMINACIÓN
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión
8	Corrosivos

**Artículo 9°.-** Mencione que la clase 2 (gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión) son sustancias que:

I.- A 50°C tiene una presión de vapor mayor a 300 kPa.

II.- Son completamente gaseosas a 20°C y 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 causa de su baja temperatura.

Gas en solución, aquél que está comprimido y disuelto en un solvente.

La tabla 5.4 describe la división en función del tipo de riesgo de la Clase 2.



Tabla 5.4  
Descripción del gas amoníaco por su tipo de riesgo

DIVISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LAS SUSTANCIAS
2.3	<p>Gases tóxicos.</p> <p>Gases que:</p> <p>a) Se conocen que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos por lo que constituyen un riesgo para la salud; o</p> <p>b) Se supone que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos porque tienen un <math>\text{NH}_{3(50)}</math> igual o menor que <math>5000 \text{ mol/m}^3</math> (ppm).</p> <p>Nota: Los gases que cumplen los criterios anteriores, deben clasificarse como tóxicos con un riesgo secundario corrosivo.</p>

Otros artículos incluidos son del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos:

**Artículo 58.** Ninguna unidad que traslade material o residuos peligrosos deberá transportar personas no relacionadas con las operaciones de la unidad.

**Artículo 59.** No deberá abrirse ningún envase y embalaje, recipiente intermedio para granel, contenedor, contenedor cisterna, autotank o unidad de arrastre entre los puntos de origen y destino excepto en caso de que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la información de emergencia de transportación.



---

**Artículo 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 y periféricos cuando éstos existan.

**Artículo 61.** Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, a excepción de las sustancias de Clase 7 (Radiactivos), no podrán circular en convoy.

**Artículo 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.

**Artículo 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, prioridad para continuar su viaje, mostrándole la documentación que ampara el riesgo sobre el producto que transporta, a fin de que el mismo adopte las precauciones del caso.

**Artículo 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 transvase o transbordo del material o residuo peligroso, éste se llevará a cabo, de acuerdo con lo que indique el fabricante de la sustancia peligrosa, o generador de residuos peligrosos, quien deberá cuidar 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 que se trate.



**Artículo 65.** Para que una unidad que transporta materiales o residuos peligrosos pueda estacionarse en la vía pública, el conductor a demás de cumplir con las disposiciones de tránsito vigentes, deberá de asegurarse que la carga este debidamente protegida de conformidad con las indicaciones del expedidor, a fin de evitar que personas ajenas a la transportación manipulen indebidamente el equipo o la carga de tal forma que pudieran propiciar accidentes.

**Artículo 66.** Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, por ningún motivo podrán estacionarse cerca de fuego abierto, o de incendio.

**Artículo 67.** Si durante el transporte del material o residuo peligroso se presentan condiciones metereológicas adversas, que impidan la visibilidad a una distancia aproximada de 50 metros, tales como tormentas eléctricas, lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos fuertes, el conductor del vehículo deberá estacionarlo, absteniéndose de hacerlo en pendientes, declives, curvas, puentes, cruceros, túneles, cruces de ferrocarril, cerca de instalaciones eléctricas de alta tensión u otro lugar que presente peligro para la carga.

**Artículo 68.** Cuando por cualquier circunstancia que requiera estacionamiento nocturno en carretera se deberán 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.

### **5.2.7 La Secretaría de Comunicaciones y Transporte**

Ha publicado una serie de normas oficiales mexicana, relacionadas con el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, entre las que corresponde al transporte de amoníaco son:

**NOM-002-SCT2-1993.** Listados de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente trasportados.



- NOM-003-SCT2-1993.** Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-004-SCT2-1994.** Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-005-SCT2-1994.** Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-006-SCT2-1994.** Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-007-SCT2-1994.** Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- NOM-010-SCT2-1994.** Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancia, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-011-SCT2-1994.** Condiciones para transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
- NOM-012-SCT2-1994.** Sobre el peso y dimensiones máximas que deben cumplir los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.
- NOM-018-SCT2-1994.** Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidad de arrastre ferroviario.
- NOM-019-SCT2-1994.** Disposición general para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
- NOM-021-SCT2-1994.** Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-023-SCT2-1994.** Información técnica que debe de contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel y envases de capacidad mayor a 450 lts. Que transportan materiales y residuos peligrosos.
- NOM-043-SCT2-1995.** Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.





---

**NOM-020-SCT2-1995.** Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones STC 306, STC 307 y STC 312.

### **5.2.8 La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT)**

Aplica las siguientes normas oficiales mexicanas para el manejo de residuos peligroso:

**NOM-001-ECOL-1996**, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales.

**NOM-052-ECOL-1993**, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligros por su toxicidad al ambiente (antes NOM-CRP-001-ECOL/93). Es importante citar que esta norma fue revisada y aprobada por el Subcomité para Residuos Municipales, Peligrosos y Sustancias Químicas, para ser presentada ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con el fin de que sea publicada en el Diario Oficial de la Federación.

**NOM-053-ECOL-1993**, establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (antes NOM-CRP-002-ECOL/93).

**NOM-054-ECOL-1993**, (antes NOM-CRP-003-ECOL/93) que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma.



### **5.2.9 La ley General de Protección Civil**

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de mayo de 2000, que en los capítulos VI y VII de ésta ley, menciona las acciones de prevención y salvaguardo que se deben dar a las poblaciones de las Entidades Federativas en colaboración con el Gobierno Federal en caso de siniestro por derrame y fuga de sustancias peligrosas.

### **5.2.10 Guía de Respuesta a Emergencia**

Fue desarrollada conjuntamente por el Departamento de Transporte de Canadá (TC), el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) y la Secretaria de Comunicaciones y Transportes de México (SCT) para ser utilizada por bomberos, policías y otros servicios de emergencia quienes pueden ser los primeros en llegar al lugar de un incidente de transporte de materiales peligrosos.

## **5.3 Legislación Internacional**

La reglamentación internacional es regulada por el Comité de Expertos en el transporte de sustancias y materiales peligrosos de la ONU, la información que pública se usa en la Oficina Internacional de Estándares (RSPA) y en la de Regulaciones de los Materiales Peligrosos HMR para facilitar el comercio internacional complementándose con los Códigos de Regulaciones Federales siguientes: 40 CFR 117.21, 40 CFR 302.6 y 40 CFR 355.40 K.A.R. 28-65-3, que describen los requisitos para la notificación de descargas de mezclas o soluciones que contengan sustancias peligrosas al medio ambiente.

La implementación de las aportaciones de estos códigos y normas, permiten a muchos países actualizar los suyos con respecto al transporte de sustancias peligrosas. Muestra de ello son los contenidos de las Normas Oficiales Mexicanas antes descritas.



---

## 5.4 Definiciones

**Seguridad Industrial:** es la aplicación de métodos específicos que se interrelacionan entre sí, para investigar, evaluar y corregir las condiciones y circunstancias causantes de accidentes, con la intención de prevenirlos.

**Seguridad de procesos:** es la operación de instalaciones con el manejo, uso, proceso y almacenamiento de materiales peligrosos, de tal manera que se encuentre libre de accidentes catastróficos, involucrando la tecnología, el personal y equipo necesario.

**Higiene Industrial:** es de acuerdo a la Asociación Americana de Higienistas Industriales de América, la ciencia y arte dedicados al conocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones, emanadas o provocadas por el lugar de trabajo, que puede ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar, creando algún malestar significativo entre los trabajadores o en los ciudadanos de la comunidad.

**Control Ambiental:** orden jurídico que se establece para la protección de la biosfera.

## 5.5 Plan general de la seguridad industrial

La elaboración y aplicación de un plan de seguridad, posee un fundamento legal, en cuanto a reglamentos y normas nacionales. Tenemos que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, dictó una serie de normas, las cuales específicamente hablando del plan de seguridad serían:

**NOM-002-STPS:** Programa específico de Seguridad para la prevención, protección y combate de incendio.

**NOM-005-STPS:** Programa de manejo, transporte, almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.



Además el Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, artículos 130, 131, 132 y 133, indican la elaboración de un programa de Seguridad e Higiene.

El Instituto Nacional de Ecología solicita un programa de prevención de accidentes.

El Instituto Mexicano del Seguro Social de acuerdo a la nueva Ley del Seguro Social sección sexta de la prevención de riesgos de trabajo, indica en el artículo 82, que el Instituto está facultado, para solicitar al patrón el establecimiento de programas preventivos de riesgos de trabajo en aquellas empresas que por su índice de siniestralidad, puedan considerarse de alto riesgo.



---

## CONCLUSIONES

Es necesario tener un excelente desempeño y cuidado al trabajar con amoníaco anhidro y anhídrido, ya que por sus características resulta un material peligroso y por lo mismo debe de manejarse siempre con el equipo de seguridad que requiere. Pero que además garantice una confiabilidad y satisfacción en su servicio. Para lograr esto, el camino más acertado es adoptando una fuerte cultura de servicio y la implementación de un sistema de aseguramiento de calidad pues su aplicación logra optimizar y eficientizar nuestra forma de trabajo ya que disminuye el riesgo de accidentes, costos, sin causar impactos negativos al medio ambiente.

Estoy convencida que una de las estrategias para lograrlo es preparando al personal con planes de formación en el cual conozcan las propiedades fisicoquímicas, simbología de transporte, el peligro que puede ocasionar una fuga, derrame o incendio en el almacenamiento y transporte de amoníaco, uso de los elementos de seguridad, manejo del equipo de protección personal (EEP), conocer la distancia de aislamiento inicial y de acción protectora y las acciones que se deben tomar como los primeros auxilios para responder en caso de emergencia, los cuales respaldan el objetivo a alcanzar en éste trabajo, pues en la medida en que vayamos adoptando el aseguramiento de calidad en nuestra forma de vivir comenzaremos a ser mejores, haciendo cada quien lo que le corresponde, bien y a conciencia desde la primera vez.

Alcanzar el aseguramiento de calidad requerirá, un esfuerzo más que dar por parte de los mexicanos, para llevarlo a cabo, pero serán sumamente satisfactorios los resultados. Sería deseable que el gobierno de nuestro país se preocupará por mejorar los sistemas de emergencia y prevención de incendios.



---

## REFERENCIAS

1. Farrington Daniels "Fisicoquímica". Ed. Continental.
2. Silberberg S. Martín "Química General". Ed. McGraw-Hill.
3. Fundacentro 1992. "Equipamiento de Protección individual" Sao Paulo.
4. Filho L.F.R. "Curso de Ingeniería de Seguridad para el trabajo".
5. Haddad Edison & Minnitti 1995. "Ropas de Protección Química" Trabajo técnico de CETESB, Sao Paulo.
6. Drager Lubeca 1984. "Protección respiratoria completa, detección y análisis de gases, 5ª Ed.
7. Normativa TC MIE-APQ-4: "Almacenamiento de amoniaco anhidro", Real Decreto 379/2001, del 6 de Abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001.
8. Página Web
  - [www.profepa.gob.mx/saa/audita10.htm](http://www.profepa.gob.mx/saa/audita10.htm)
  - [www.guiaderespuestadeemergencia](http://www.guiaderespuestadeemergencia)
  - [www.onu.org.mx/onu/multi/comn99/9967.htm](http://www.onu.org.mx/onu/multi/comn99/9967.htm)
  - [www.procesosvirtuales.com/búsqueda.asp](http://www.procesosvirtuales.com/búsqueda.asp)
  - [www.belt.es/legislación/vigente/seg-ind/prl/higiene/cont-quim/general/itc-mie-apq-4.pdf](http://www.belt.es/legislación/vigente/seg-ind/prl/higiene/cont-quim/general/itc-mie-apq-4.pdf)
  - [www.aga.com.mx/dicarbono.html](http://www.aga.com.mx/dicarbono.html)
  - [www.economia.gob.mx/work/normas/1998/025sct4.doc](http://www.economia.gob.mx/work/normas/1998/025sct4.doc)