



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

“MANUAL DE RIESGOS Y PELIGROS DE LAS SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS”

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA:

YESENIA FLORES GUILLÉN

ASESOR: M. EN S.H.O. LUIS MANUEL FLORES LARIOS

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2010



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES
ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

Manual de riesgos y peligros de las sustancias criogénicas.

que presenta la pasante: Yesenia Flores Guillén
con número de cuenta: 098130230 para obtener el título de :
Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de enero de 2010.

PRESIDENTE	<u>Q. Celestino Silva Escalona</u>	
VOCAL	<u>MC. Ediltrudis Estrada Lucas</u>	
SECRETARIO	<u>M. en SHO. Luis Manuel Flores Larios</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>MC. María Cristina Mayela García Ruíz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>IA. Ana María Soto Bautista</u>	

Agradecimientos

Abuelita Beatriz Santos

Por tu apoyo en todo momento, por creer en mí y guiar mis pasos, porque a pesar de que ya no te tengo a mi lado fuiste mi aliento para seguir luchando por mis sueños.

Alejandra Mayo

Porque al ser mi mayor tesoro me impulsas a luchar en la vida, porque eres el motivo para querer crecer como madre y como profesionista.

Esposo Alejandro Mayo

Por apoyarme incondicionalmente, gracias por tu esfuerzo y comprensión. Siempre me das ánimos y compartes mis triunfos y fracasos.

Hermana Tania Flores

Porque siempre has estado conmigo brindándome tu amistad y tu apoyo en las malas rachas.

Tía Olga González

Por creer en mi y por darme la fortaleza para lograr lo que quiero.

Madre Irma Guillén

Porque me enseñaste que no hay límites en la vida, que solo es cuestión de querer triunfar y hacer hasta lo imposible por alcanzar la meta.

Alma Vanesa y José Luis

Con amor a mis sobrinos a quienes tanto quiero y que son símbolo de la alegría en mi vida.

UNAM

Gracias **UNAM:** porque fuiste mi casa durante gran parte de mi vida, y me diste los medios y conocimientos para poder cumplir todos mis sueños.

Profesor Luis Manuel

Porque con usted no solo adquirí conocimientos académicos sino de vida, pero sobre todo por su comprensión y por el tiempo dedicado para esta tesis.

Profesor Celestino Silva

Un agradecimiento especial por su valioso apoyo y asesoría para este trabajo.

Yaneth Betancourt

Por ser la amiga incondicional, que me brinda su apoyo, cariño y Amistad en todo momento.

ÍNDICE

Introducción.	1
Objetivos.	4
Capítulo I: Generalidades de los gases.	5
1.1 Definición de riesgos y peligros.	8
1.2 Características de las sustancias criogénicas.	12
1.3 Peligros relacionados con las sustancias criogénicas.	14
Capítulo II: Principales sustancias criogénicas.	18
2.1 Oxígeno.	19
2.2 Nitrógeno líquido.	28
2.3 Helio.	42
2.4 Hidrógeno.	50
2.5 Argón.	58
2.6 Dióxido de carbono.	65
Capítulo III: Manejo de sustancias criogénicas en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.	73
Conclusiones.	82
Bibliografía.	83

INTRODUCCIÓN

El presente manual contiene una recopilación de las principales sustancias criogénicas (oxígeno, nitrógeno, argón, dióxido de carbono, helio e hidrógeno) a nivel industrial y de laboratorio, e intentará servir como apoyo a quienes se interesen en la prevención de riesgos y peligros con las sustancias antes mencionadas. Es importante hablar del control de riesgos y la prevención sobre los mismos, porque con esto se consigue que las personas presten más atención al ambiente de trabajo y tengan menor probabilidad de que les ocurra algún accidente; es por ello la insistencia que debe darse a las normas de prevención y su cumplimiento.

La utilización de los líquidos criogénicos está muy extendida. Los líquidos que se utilizan en la criogenización son: oxígeno, nitrógeno, argón, helio y dióxido de carbono.

Los principales peligros que presentan los líquidos criogénicos se deben a las condiciones físicas en las que se encuentran (temperatura, presión de vapor, etc). Los riesgos más comunes de estos líquidos son: quemaduras frías, hipotermia, deficiencia de oxígeno en el aire y asfixia. Una concentración deficiente de oxígeno provoca efectos adversos en el cuerpo humano hasta producir incluso la muerte.

Las concentraciones inferiores al 6% es posible obtenerlas si se produce un derrame del líquido criogénico o si se respira en las proximidades del depósito por realizar alguna manipulación incorrecta.

Otro factor que va a influir en la concentración de oxígeno en los lugares en donde se manipule alguna sustancia criogénica son las renovaciones del aire del local. La concentración de oxígeno en el local debe ser controlada para indicar la existencia de una atmósfera pobre de oxígeno. Se debe disponer de una ventilación en el centro de trabajo donde se encuentren los líquidos criogénicos.

Los trabajadores que manipulen sustancias criogénicas deben tener información sobre sus riesgos específicos, así como conocer las propiedades físicas y químicas de los líquidos utilizados.

De acuerdo a la visita realizada en las áreas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se encontró que las sustancias empleadas con fines criogénicos son el nitrógeno y el helio, siendo el nitrógeno líquido el más utilizado; por lo que en este manual se hará hincapié en el manejo del nitrógeno.

Los líquidos criogénicos son gases que se mantienen en su estado líquido a temperaturas muy bajas. La palabra "criogénico" significa "que produce, o se relaciona a, bajas temperaturas," y todos los líquidos criogénicos están extremadamente fríos. Todos los líquidos criogénicos son gases a temperaturas y presiones normales. Estos gases se deben enfriar por debajo de la temperatura ambiente antes de hacerlos líquidos mediante un aumento en la presión. Los diferentes criogénes se hacen líquidos bajo diferentes condiciones de temperatura y presión, pero todos tienen dos propiedades en común: son extremadamente fríos y pequeñas cantidades de líquido se pueden expandir a grandes volúmenes de gas.

Todos los líquidos criogénicos producen grandes volúmenes de gas cuando se vaporizan. El nitrógeno líquido, por ejemplo, se expande aproximadamente 700 veces conforme se evapora; otros líquidos se expanden incluso más. Si estos líquidos se vaporizan en un contenedor sellado, pueden producir presiones elevadas que pueden romper el recipiente. Por esta razón, los contenedores criogénicos presurizados están generalmente protegidos por múltiples válvulas de alivio de presión. La vaporización de líquidos criogénicos inertes (con excepción del oxígeno) en un área confinada puede formar atmósferas asfixiantes.

Con la utilización de las sustancias criogénicas se han creado muchos materiales novedosos. En los laboratorios de todos los confines de la tierra se están llevando a cabo en forma acelerada trabajos de medición de propiedades a bajas temperaturas, y hoy en día se vuelve necesario tener conocimientos sobre las sustancias criogénicas.

Todos aquellos que trabajan con líquidos criogénicos deben estar conscientes de los peligros y deben saber cómo trabajar con ellos de manera segura. Su vapor frío al evaporarse congela rápidamente el tejido humano. Los materiales como el acero al carbón,

los plásticos y el hule se quiebran o incluso se fracturan bajo presión a temperaturas criogénicas. La selección del material adecuado es importante. Las quemaduras en frío y la congelación ocasionadas por líquidos criogénicos pueden ocasionar gran daño al tejido.

OBJETIVOS

Objetivo General

⊠ Elaborar un manual que contenga información de los riesgos y peligros de las sustancias criogénicas más comunes a nivel industrial, aplicable a dos áreas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán como son: los laboratorios de posgrado y área de radiación magnética, en los que se utiliza nitrógeno líquido.

Objetivos Particulares

⊠ Identificar los riesgos que existan en las áreas donde se utilizan sustancias criogénicas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

⊠ Dar a conocer las medidas para un manejo seguro de las sustancias criogénicas de mayor utilidad en las industrias y los laboratorios.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LOS GASES

Los gases representan uno de los tres estados comunes de la materia: sólido, líquido, y gaseoso. Hay muchas sustancias que pueden existir en los tres estados, el agua por ejemplo, puede existir como líquido, sólido (hielo) o gas (vapor de agua). Otros ejemplos son los gases oxígeno y nitrógeno, que se convierten en líquido a temperaturas muy bajas; al bajar aún más esta temperatura alcanzan el estado sólido.

El gas se define como un estado de la materia, que se puede expandir indefinidamente y que toma la forma del recipiente que lo contiene, ocupando todo el espacio disponible de dicho contenedor. En este sentido, los sólidos y los líquidos se diferencian de los gases en que los sólidos tienen su forma y volúmenes propios, y los líquidos adquieren la forma del recipiente que los contiene pero tienen volumen propio. Los gases tienen cinco propiedades físicas fundamentales que los hacen a la vez útiles y potencialmente peligrosos. Estas características son:

- Los gases son mucho más ligeros que los líquidos y los sólidos.
- Las moléculas de los gases siempre están en movimiento.
- Los gases, en caso de fuga, se distribuirán eventualmente por sí mismos a través del aire en una habitación u otro espacio cerrado.
- Algunos gases tienen olor y otros no.
- La mayoría de los gases son invisibles, aunque algunos sí son visibles.

Se considera a un gas como una colección de partículas extremadamente pequeñas llamadas moléculas. Tal como se mencionó, las moléculas del gas siempre están en movimiento. Cuando se encuentran en un espacio determinado, como un contenedor, las moléculas crean presiones al chocar con las paredes del contenedor. El nivel de presión depende del número de choques moleculares que ocurran en un área definida, por unidad de tiempo. A mayor cantidad de choques mayor presión. Por lo tanto, la presión se puede elevar comprimiendo el gas al poner más moléculas en el mismo espacio, o bien aumentando la temperatura para

lograr que las moléculas del gas se muevan más rápido, y haciéndolas así chocar con más frecuencia.

En ambos casos, el incremento de presión resulta del aumento de choques moleculares contra las paredes del recipiente. Son tan variadas sus características y riesgos que poco se puede decir de los peligros y reacciones de los gases como conjunto, por su diversidad.

Los gases se suelen clasificar principalmente desde un punto de vista químico:

♣ **Inflamables:** Es cualquier gas o mezcla de gases cuyo límite de inflamabilidad inferior en aire sea $\leq 13\%$, o que tenga un campo de inflamabilidad (límite superior menos límite inferior) $> 12\%$. Ejemplos: butano, metano, hidrógeno, propano, etc. Los límites de inflamabilidad definen las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables. Se expresan en tanto por ciento en el volumen de mezcla vapor de combustible-aire. Reciben también el nombre de límites de explosividad, ya que según las condiciones de confinamiento, cantidad, intensidad de la fuente de ignición, etc., varía la velocidad de la combustión y es común que se origine una explosión. Aunque ambos términos son intercambiables para vapores y gases inflamables, es más usual el de límites de inflamabilidad para estos dos y el de límites de explosividad para polvos combustibles.

♣ **No inflamables:** Gases que diluyen, sustituyen o desplazan el oxígeno del aire produciendo asfixia. Tienen características comburentes y favorecen la combustión en mayor medida que el aire; por ejemplo: nitrógeno, oxígeno, helio, argón, etc.

♣ **Gases Tóxicos:** Es aquél cuyo límite de máxima concentración tolerable durante ocho horas/día y cuarenta horas/semana (TLV) es inferior a 50 ppm (partes por millón). TLV (son los valores de límite umbral que se refiere a las concentraciones de los compuestos peligrosos en el aire).

Desde el punto de vista físico clase 2 (De acuerdo a la clasificación de las naciones unidas) se clasifican en comprimidos, licuados, disueltos a presión y criogénicos (licuados a temperaturas muy bajas).

♣**Gases comprimidos:** Es cualquier gas o mezcla de gases cuya temperatura crítica (se denomina temperatura crítica a la temperatura límite por encima de la cual un gas miscible no puede ser licuado por compresión) es menor o igual a -10°C . Independientemente de la presión, son completamente gaseosos dentro del rango normal de temperaturas, permanecen en estado gaseoso a cualquier presión. Son aquellos que a la temperatura atmosférica normal se mantienen dentro de su envase, en estado gaseoso, bajo presión. Ejemplos: metano, hidrógeno, monóxido de carbono, oxígeno y nitrógeno, etc.

♣**Gases Licuados:** Es cualquier gas o mezcla de gases cuya temperatura crítica es mayor o igual a -10°C . Son gases a los que mediante el frío, la presión o una combinación de ambos efectos, se les convierte en líquidos y de esta forma se transportan en recipientes a una determinada presión. Si por cualquier causa salen de su envase se convierten nuevamente en gases. Una parte de producto está en estado líquido y, por encima de ésta, hay otra parte en estado gaseoso. Ejemplos: cloro, amoníaco, propano, butano, dióxido de carbono, óxido nitroso, etc.

♣**Gases disueltos a presión:** Son gases que se disuelven bien, a una determinada presión, dentro de un líquido. Ejemplos: amoníaco disuelto en agua, acetileno disuelto en acetona, etc.

♣**Gases criogénicos (licuados a baja temperatura):** Gas o mezcla de gases cuya temperatura de ebullición a la presión atmosférica es inferior a -40°C . Estos productos existen a temperaturas menores de -100°C , se transportan y almacenan en contenedores especiales térmicamente aislados, especialmente diseñados para proteger a los gases del calor externo. Se licuan a temperaturas más bajas que las temperaturas atmosféricas normales. Tienen el problema de que no pueden mantenerse indefinidamente en el recipiente, pues a través de sus paredes van recibiendo calor de la atmósfera, con lo que la presión, si no se libera fuera del recipiente algo del producto, se iría elevando paulatinamente hasta un nivel que puede hacer estallar el recipiente. Ejemplos: aire, gas natural, argón, nitrógeno, CO_2 , oxígeno, etc.

1.1 DEFINICIÓN DE RIESGOS Y PELIGROS

Riesgo no es lo mismo que peligro; sin embargo usualmente se confunden ambos términos y se utilizan indistintamente. Peligro es aquella propiedad intrínseca de un material o sustancia, equipo, e instalación que pueda producir un daño. El peligro es una fuente de riesgo que no implica necesariamente el potencial de que ocurra; representa riesgo solamente si existe una ruta de exposición y si la exposición crea la posibilidad de consecuencias adversas a la salud.

Un riesgo es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa (aquella que por sus propiedades físicas y químicas presenta la posibilidad de afectar la salud de las personas expuestas, de inflamarse o reaccionar de manera especial o de causar daños materiales a las instalaciones, al ser manejada, transportada, almacenada o procesada) afecte la salud de los trabajadores o dañe al centro de trabajo.

De acuerdo a las Naciones Unidas y a la NOM 004-SCT-1999 (Norma Oficial Mexicana sobre sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos) se establece una terminología y una clasificación general de las sustancias peligrosas; incluye, además, un listado general de las sustancias que se consideran peligrosas, con información respecto al riesgo que presentan según su clase; las 9 clases son:

Clase I: Explosivos

Clase II: Gases comprimidos.

Clase III: Líquidos Inflamables.

Clase IV: Sólidos Inflamables.

Clase V: Comburentes.

Clase VI: Tóxicos.

Clase VII: Radiactivos.

Clase VIII: Corrosivos.

Clase IX: Sustancias peligrosas varias.

En la normatividad nacional (La NOM-018 STPS-2000) se hace referencia al sistema de identificación de las sustancias químicas peligrosas en dos elementos genéricos:

I. Sistema de identificación.

Establece la utilización del modelo rectángulo (recomendado para condiciones normales de operación) o modelo rombo (recomendado para condiciones de respuesta a emergencias) e identificación del equipo de protección personal (EPP). En la figura 1 se muestra el modelo rectángulo y en la figura 2 se muestra un ejemplo del modelo rombo.

Figura 1: Modelo rectángulo.³²

Nombre de la Sustancia	
SALUD	4
INFLAMABILIDAD	3
REACTIVIDAD	1
Letras o Símbolos del EPP	

Los números dentro del modelo indican el grado de riesgo que representa la sustancia.

Para el sistema de identificación del rombo hay una clasificación de los tipos de riesgo: riesgo a la salud, riesgo de inflamabilidad, riesgo de reactividad y riesgos especiales; estos a su vez se subdividen cada uno en 4 niveles (similar a la clasificación de grado de riesgo del modelo rectángulo):

0-Mínimamente peligroso.

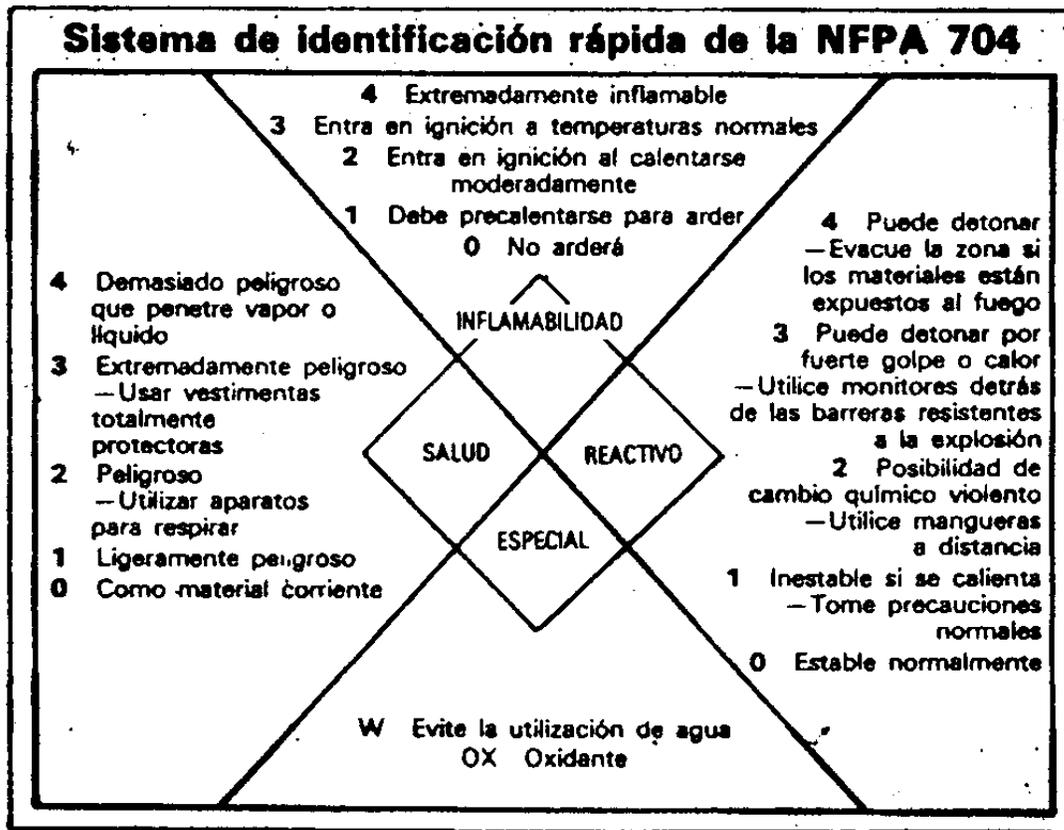
1.- Ligeramente peligroso.

2.- Moderadamente peligroso.

3- Seriamente peligroso.

4.- Severamente peligroso

Figura 2: Modelo rombo⁸



Riesgo a la salud: Es la concentración de una sustancia como gas, vapor, neblina, rocío, polvo o humo en aire, calculada estadísticamente, a cuya exposición se espera que mueran el 50% de los animales en experimentación. Por lo que la relación es: concentración menor, toxicidad mayor.

Riesgo de inflamabilidad: Es la probabilidad que tienen las sustancias químicas para arder en función de sus propiedades físicas y químicas. Los rangos de la inflamabilidad se clasifican en:

a) Límite inferior de inflamabilidad; explosividad inferior: Es la concentración mínima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

b) Límite superior de inflamabilidad; explosividad superior: Es la concentración máxima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

Riesgo de reactividad: Es la probabilidad que tienen las sustancias químicas para liberar energía al entrar en contacto con otras, y que varía al modificar las condiciones de presión y temperatura.

Riesgos especiales. Para identificar los riesgos especiales se usan las siguientes claves:

OXI Para indicar la presencia de una sustancia oxidante.

W Para indicar que una sustancia puede tener reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua.

Existe otro tipo de riesgo llamado riesgo incorporado que no es propio de la actividad, sino que es producto de conductas poco responsables de una persona, el que asume otros riesgos con objeto de conseguir algo que cree que es bueno para el y/o para la empresa, como por ejemplo ganar tiempo: terminar antes el trabajo para destacar.

Es importante la prevención de los riesgos ya que un buen control disminuirá lesiones en las personas y cualquier daño en instalaciones y materiales.

II. Sistema de comunicación:

Requiere la Hoja de Datos de Seguridad (HDS); la cual contiene información de las condiciones de seguridad e higiene necesarias para el manejo de las sustancias químicas peligrosas, que sirve como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el centro de trabajo.

Las sustancias criogénicas que se tratarán en este manual caen en la Clase II. Esta clase comprende los gases permanentes, es decir, gases que no se licuan a temperaturas ambientes, gases licuados (que pueden licuarse a presión y temperatura ambiente), gases disueltos a presión y los gases refrigerados (nitrógeno, oxígeno y argón).

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS

Los líquidos criogénicos son gases que se mantienen en su estado líquido a temperaturas muy bajas. La palabra "criogénico" significa "que produce, o se relaciona a, bajas temperaturas," y todos los líquidos criogénicos están extremadamente fríos. Los vapores y los gases liberados de los líquidos criogénicos también permanecen muy fríos. A menudo condensan la humedad del aire, creando un tipo de neblina altamente visible.

Los líquidos criogénicos se clasifican como "gases comprimidos" de acuerdo a los criterios del Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el lugar de trabajo.

Los primeros trabajos en la física de bajas temperaturas realizados por los químicos británicos Humphry Davy y Michael Faraday entre 1823 y 1845 allanaron el camino para el desarrollo de la criogenia. Davy y Faraday generaron gases calentando una mezcla adecuada en un extremo de un tubo estanco con forma de V invertida. El otro extremo se mantenía en una mezcla de hielo y sal para enfriarlo.

La combinación de temperaturas reducidas y altas presiones hacía que el gas generado se licuara. Al abrir el tubo, el líquido se evaporaba rápidamente y se enfriaba hasta su punto de ebullición normal. Evaporando a bajas presiones dióxido de carbono sólido mezclado con éter, Faraday obtuvo una temperatura de aproximadamente 163 K (-110 °C).

Los frascos Dewar (recipientes no presurizados, con cierre al vacío, parecido a una botella termo) deben tener una tapa o tapón de encaje suave que evite que entre aire y humedad, pero que permita salir el exceso de presión) han demostrado su utilidad para almacenar líquidos a temperaturas criogénicas.

Estos recipientes están formados por dos frascos, uno dentro de otro, separados por un espacio en el que se ha hecho el vacío. El exterior del frasco interno y el interior del frasco externo están recubiertos de una capa reflectante para evitar que el calor atraviese el vacío por radiación. Las sustancias más frías que el aire líquido no pueden manejarse en frascos dewar abiertos porque el aire se condensaría sobre la muestra o formaría un tapón sólido

que impediría la salida de los vapores liberados; éstos se acumularían y terminarían por romper el recipiente.

Entre las muchas aplicaciones industriales importantes de la criogenia está la producción a gran escala de oxígeno y nitrógeno a partir del aire. La cirugía criogénica o criocirugía se emplea en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson: se destruye tejido de forma selectiva congelándolo con una pequeña sonda criogénica. Una técnica similar también se ha empleado para destruir tumores cerebrales.

El oxígeno tiene múltiples usos, por ejemplo, en motores de cohetes, en los altos hornos, en sopletes de corte y soldadura o para hacer posible la respiración en naves espaciales y submarinos.

El nitrógeno se emplea en la producción de amoníaco para fertilizantes o en la preparación de alimentos congelados que se enfrían con suficiente rapidez para impedir que se destruyan los tejidos celulares; se utiliza también como refrigerante y para el transporte de alimentos congelados.

Cada líquido criogénico tiene propiedades específicas, pero la mayoría de ellos se pueden colocar en uno de los siguientes tres grupos:

- **Gases inertes:** Los gases inertes no tienen una reacción química significativa. No se queman ni permiten la combustión. Ejemplos de este grupo incluyen el nitrógeno, helio, neón, argón y criptón.
- **Gases inflamables:** Algunos líquidos criogénicos producen un gas que puede quemarse en el aire. Los ejemplos más comunes son el hidrógeno, metano y gas natural licuado.
- **Oxígeno:** Muchos materiales considerados no combustibles se pueden quemar en presencia de oxígeno líquido. Los materiales orgánicos pueden reaccionar de manera explosiva con el oxígeno líquido. Por lo tanto, los peligros y las precauciones de manejo del oxígeno líquido se deben considerar de forma separada a otros líquidos criogénicos.

1.2 PELIGROS RELACIONADOS CON LAS SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS

Los grupos de peligros para la salud relacionados con los líquidos criogénicos son: frío extremo, asfixia, toxicidad, peligro de fuego, peligro relacionado con oxígeno líquido y explosión debida a la rápida expansión.

1.2.1 Peligro relacionado con Frío Extremo

Los líquidos criogénicos y gases relacionados pueden producir efectos en la piel similares a los de una quemada. Las exposiciones breves que no afectan la piel del rostro o de las manos pueden dañar tejidos delicados como los ojos. La exposición prolongada de la piel o el contacto con superficies frías pueden provocar quemaduras por el hielo. La piel se ve amarillenta. No hay dolor inicialmente, pero el dolor es intenso cuando el tejido congelado se descongela.

La piel sin protección se puede adherir al metal que es enfriado con los líquidos criogénicos. La piel se puede rasgar y desprender al separarla del metal. Incluso los materiales no metálicos son peligrosos al tacto en temperaturas bajas. La figura 3 muestra un ejemplo de una sustancia criogénica contenida en un dewar.

Respirar de manera prolongada el aire extremadamente frío puede dañar los pulmones. Muchos materiales son incompatibles con las bajas temperaturas de estos gases. El material de fabricación de algunas tuberías, por ejemplo, es perfectamente rígido a temperatura ambiente, pero pierde ductilidad y resistencia al impacto cuando se somete a temperaturas criogénicas.

Figura 3: Frío extremo.²³



1.2.2 Peligro relacionado con Asfixia

Cuando los líquidos criogénicos forman un gas, el gas es muy frío, y por lo general, es más pesado que el aire. Este gas frío y pesado no se dispersa muy bien y se puede acumular cerca del piso. Aunque el gas no fuera tóxico, desplaza al aire. Cuando no hay suficiente aire u oxígeno, puede ocurrir asfixia y muerte.

La deficiencia de oxígeno es un peligro serio en espacios encerrados o confinados. A excepción del oxígeno, todos los gases son asfixiantes: causan sofocación. Hay pequeñas cantidades de líquido que pueden evaporarse en grandes volúmenes de gas. La figura 4 muestra a una persona en peligro de morir asfixiada.

Figura 4: La Asfixia.³¹



1.2.3 Peligro relacionado con Toxicidad

Cada gas puede provocar efectos específicos en la salud. Por ejemplo, el monóxido de carbono líquido puede liberar grandes cantidades de gas monóxido de carbono, que pueden provocar la muerte casi de inmediato. En la figura 5 se representa el peligro de toxicidad.

Figura 5. Toxicidad.³¹



1.2.4 Peligro de Fuego

Los líquidos criogénicos se embarcan y utilizan en contenedores térmicamente aislados. Estos contenedores de líquidos criogénicos están específicamente diseñados para soportar los cambios bruscos y las diferencias extremas de temperatura.

Existen varios tipos de situaciones que pueden resultar un peligro de inflamabilidad de los líquidos criogénicos incluyendo: fuego, aire cargado de oxígeno, oxígeno líquido, y explosión debido a la rápida expansión.

Los gases inflamables, como el hidrógeno, el metano, el gas natural licuado, y el monóxido de carbono pueden quemarse o explotar. El hidrógeno es particularmente peligroso, ya que forma mezclas inflamables con aire en concentraciones muy variadas (4-75 % por volumen). También es de fácil ignición.

En presencia de un oxidante, algunos gases arderán si son encendidos por electricidad estática o por una fuente de calor como una flama o un objeto caliente. El aumento de concentración de un oxidante acelera el rango de combustión. Los materiales que no son inflamables bajo condiciones normales, pueden arder en una atmósfera enriquecida de oxígeno. En la figura 6 se observa a un grupo de bomberos tratando de apagar un incendio.

Figura 6: La explosión.³³



1.2.5 **Peligro relacionado con oxígeno líquido**

El oxígeno líquido contiene 4000 veces más oxígeno por volumen que el aire normal. Los materiales que normalmente se considerarían no combustibles (como el carbono y los aceros inoxidable, el hierro, el aluminio, el zinc y el teflón) se pueden quemar en presencia de oxígeno líquido. Muchos materiales orgánicos pueden reaccionar de manera explosiva, especialmente si se produce una mezcla inflamable. Las ropas rociadas o mojadas con oxígeno líquido pueden ser altamente inflamables y permanecer así por horas.

1.2.6 **Explosión debida a la rápida expansión**

Si no se tienen los dispositivos adecuados para ventilación o liberación de presión en los recipientes, se puede acumular una cantidad enorme de presión. La presión puede provocar una explosión llamada "explosión por líquido en ebullición que provoca vapor en expansión". Las condiciones inusuales o accidentales, como el fuego externo, o el agrietamiento en la zona de vacío que brinda el aislamiento térmico, pueden provocar aumentos muy rápidos en la presión. La válvula de liberación de presión tal vez no pueda manejar estos aumentos tan rápidos; por lo tanto, los recipientes deben tener otro dispositivo de respaldo como el disco frangible (de arranque).

CAPÍTULO II: PRINCIPALES SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS

Cada uno de los productos presentados en la tabla 1 poseen riesgos específicos y deben ser tratados cada uno por separado:

Tabla 1: Clasificación de las sustancias criogénicas.

Estado puro	Riesgo
Oxígeno	Oxidante/acelera la combustión
Nitrógeno	Inerte/asfixiante
Helio	Asfixiante
Hidrógeno	Combustible
Argón	Inerte/ asfixiante
Dióxido de carbono	Inerte

A continuación se detalla las características de cada una de las sustancias criogénicas mencionadas en la tabla 2, en base a la información que se proporciona en la parte del sistema de comunicación de la NOM-018 STPS 2000 en la que se especifica el contenido mínimo que se debe tener una Hoja de Datos de Seguridad (HDS).

Las HDS proporcionan información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a las sustancias químicas peligrosas, que sirve como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el centro de trabajo.

Se debe elaborar una por cada sustancia que se maneje en el centro de trabajo, no se deben dejar espacios en blanco. Si la información no es aplicable o no está disponible, se anotan las siglas NA o ND respectivamente. La HDS debe actualizarse en caso de que se cuente con nuevos datos de la sustancia química peligrosa.

2.1 OXÍGENO

Sección I Datos generales:

El oxígeno (de símbolo O), es el elemento más abundante en la Tierra. El nombre comercial y sinónimos con los que se conoce son: oxígeno, oxígeno líquido y oxígeno gaseoso.

Fue descubierto en 1774 por el químico británico Joseph Priestley e independientemente por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele; el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier demostró que era un gas elemental realizando sus experimentos clásicos sobre la combustión.

El oxígeno, gas que hace posible la vida y es indispensable para la combustión, constituye más de un quinto de la atmósfera (21% en volumen, 23% en peso). El oxígeno pertenece a la familia de los gases oxidantes; su peso molecular es de 32 g/mol.

Sección II Número de identificación del Oxígeno:

■ NoCAS*: 7782-44-7

■ Gas comprimido: UN**-1072

■ Líquido refrigerado: UN-1073

*Número CAS (también Número de Registro CAS, CAS RN o CAS#) *es* un número único de acceso asignado por el Servicio de Abstractos Químicos (Chemical Abstracts Service), una división de la Sociedad Americana de Química (ACS, por sus siglas en inglés).

Con excepción de la garantía de ser único para un compuesto dado, este número no tiene significado particular. Los números de registro CAS son asignados a toda sustancia única e identificable.

** Un No. UN contiene el número de serie asignado a la sustancia o material en el sistema de las naciones unidas.

Tabla 2. Sección III Propiedades físico-químicas del oxígeno.

Punto de ebullición	1 atm: - 297.3° F (-183.0 °C)
Densidad del líquido al punto de ebullición	1 atm: 71.23 lb/ft ³ (1,142 kg/ft ³)
Presión de vapor	No aplica (N/A)
Solubilidad en agua	77°F(25° C), 1 atm: 3.16% en volumen
Apariencia y olor	El oxígeno gaseoso es incoloro e inodoro. El oxígeno líquido tiene un color azul pálido.
Densidad del gas	21.1°C, 1 atm: 0.08279 lb/pie ³ (1.326 Kg/m ³)
Punto de congelamiento	1 atm: - 361.8°F(-218.8°C)
Límites de inflamabilidad	Inferior: N/A Superior: N/A
Punto de ignición	N/A
Temperatura de autoignición	N/A
Clasificación eléctrica	N/A

Fuente: Fichas de datos de seguridad del oxígeno, Electro Óptica S.A de C.V. fecha 06/09/2009

Sección IV: Información necesaria para la protección de la salud:

(a) Límite de exposición: No aplica. El oxígeno no está clasificado como cancerígeno por la IARC (Agencia Internacional para la investigación del Cáncer) u OSHA (Oficina de seguridad y salud laboral).

(b) Síntomas de la exposición: Las concentraciones de 60% pueden producir esos síntomas en varios días. A dos atmósferas estos síntomas ocurrirán en 2 a 3 horas. Las presiones de oxígeno mayores a 2 atmósferas pueden producir una variedad de manifestaciones al sistema nervioso central, incluyendo hormigueo en los dedos de la mano y pie, disturbios auditivos y visuales, sensaciones anormales, deterioro en la coordinación, confusión, contracciones nerviosas musculares y ataques parecidos a los

de la epilepsia. Los niños expuestos a niveles mayores de 35 a 40% pueden sufrir deterioros visuales o ceguera.

(c) Propiedades toxicológicas: El oxígeno no es tóxico bajo las condiciones usuales de uso. La respiración de oxígeno puro a una atmósfera, puede producir tos y dolores de pecho en 8 a 24 hrs. El oxígeno líquido o el oxígeno gaseoso a bajas temperaturas congelará los tejidos y ocasionará quemaduras criogénicas muy severas.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados: Las personas que hayan sufrido contacto con la piel, ojos o congelamiento de tejidos a causa del líquido criogénico o del gas muy frío deberán ser irrigados o empapados con agua tibia (41 a 46°C). No debe usarse agua caliente; las quemaduras que produzcan ampollas o causen un congelamiento muscular severo deberán ser tratadas de inmediato con un médico.

Sección V: Datos de reactividad del oxígeno:

Tabla 3 : Datos de reactividad ¹⁸	
Estabilidad que presenta el oxígeno	Estable
Condiciones a evitar	Los materiales que se queman en aire arderán violentamente en atmósferas que contengan más de 25% de oxígeno en aire. Algunos materiales no inflamables en aire, se incendiarán en presencia de oxígeno. El fósforo y magnesio se incendiarían con el oxígeno del aire a temperatura ambiente. Algunos materiales combustibles tales como grasas aceites se quemarán con violenta explosión con el oxígeno.
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Todos los materiales inflamables, especialmente derivados de petróleo, asfalto y otros productos inflamables volátiles
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

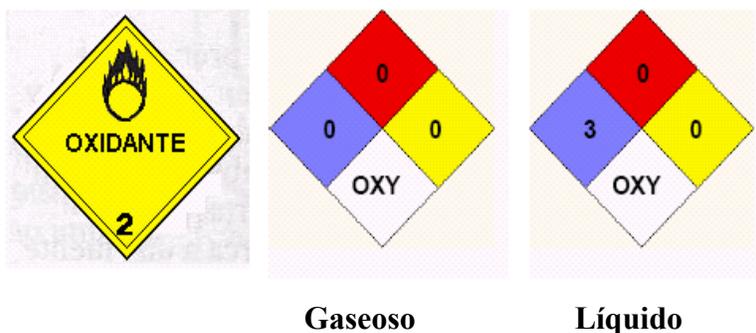
Sección VI Información sobre riesgos de fuego y explosión del oxígeno

VI (a) Definición de grado de riesgo

El grado de riesgo (aplica para el oxígeno y para cada una de las sustancias criogénicas presentadas en más adelante) esta basado en la información recopilada en la hoja de seguridad del oxígeno y se representa con el modelo rombo, ver figura 7.

Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 Especial: Ninguna

Figura 7: Modelo rombo para el oxígeno ¹⁸



VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios

El oxígeno no es inflamable, pero favorece y violentamente acelera la combustión de materiales inflamables. Para combatir incendios se deben cerrar las fuentes de alimentación de oxígeno y extinguir el fuego de acuerdo a lo recomendado para los materiales involucrados.

VI (c) Peligros inusuales de fuego y exposición

Todos los materiales que son inflamables en aire, se quemarán con mayor violencia en presencia de oxígeno. Algunos materiales que no son inflamables con el aire, se quemarán en presencia de oxígeno.

Sección VII Información sobre transportación:

El oxígeno como gas comprimido está catalogado como material peligroso, la unidad que lo transporte se rotula con la etiqueta de transporte material peligroso. Además debe portar el rombo de señalamiento de seguridad con el número de naciones unidas ubicado en la unidad según NOM 004-SCT-1999 (Norma Oficial Mexicana sobre sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos). Cada envase requiere etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una emergencia según NOM-005-SCT-1999 (Norma Oficial Mexicana sobre Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos).

Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transportar en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

Sección VIII Procedimientos en caso de fugas o derrames:

VIII (a) Procedimiento en caso de fugas o derrames

- ♣ Prevenir el contacto de oxígeno líquido con grasas, aceites, asfalto o materiales combustibles; ventilar el área para evaporar y dispersar el oxígeno.

- ♣ Inundar el área con grandes cantidades de agua. No entrar en áreas con alta concentración de oxígeno. Evitar el contacto con fuentes de ignición después de la exposición de oxígeno en concentraciones mayores a las presentes en el aire.

VIII (b) Método de eliminación de desechos

- ♣ Permitir la evaporación del oxígeno líquido en un área al aire libre bien ventilada.

♣ Ventear el oxígeno fuera de las áreas cerradas de trabajo. El lugar de desecho debe ser alejado de áreas de trabajo, flamas o fuentes de ignición y materiales combustibles.

♣ Inundar con agua permitirá incrementar el rango de evaporación del líquido. No se debe intentar desechar el oxígeno residual en cilindros de gases comprimidos.

Sección IX Información sobre ecología:

El oxígeno por sus propiedades en general no forma parte de ningún listado o especificación dentro de Normas Oficiales que impacte o límite su uso y manejo desde el punto de vista ecológico.

Sección X Recomendaciones para el manejo de oxígeno:

♣ Manejar siempre el oxígeno en áreas bien ventiladas para prevenir concentraciones excesivas de gas ya que la concentración excesiva enriquece la atmósfera con oxígeno y puede causar peligro de incendio y/o explosión.

♣ Evitar el contacto del oxígeno líquido con la piel. Prevenir que el oxígeno líquido pueda quedar atrapado en sistemas cerrados.

♣ Nunca utilizar flama para calentar los cilindros.

♣ Utilizar una válvula check para prevenir el retroceso al cilindro o contenedor.

♣ Evitar arrastrar, deslizar o rolar los cilindros aún en cortas distancias.

♣ La ropa que haya estado en contacto con oxígeno líquido debe ventilarse por lo menos durante media hora hasta que este libre de oxígeno.

♣ No permitir que ninguna parte del cuerpo sin protección toque tuberías o recipientes no aislados que contengan oxígeno líquido, ya que el metal extremadamente frío puede adherirse rápidamente a la piel y rasgarla al retirarla.

Sección XI Recomendaciones para el almacenamiento de oxígeno:

♣ Almacenar los contenedores de oxígeno líquido y los cilindros en áreas con buena ventilación. No almacenar cilindros de oxígeno a menos de 6m. de distancia de materiales combustibles o inflamables, especialmente aceite o grasa.

♣ Mantener los cilindros lejos de fuentes de calor. Las áreas de almacenamiento deben estar libres de materiales combustibles. Evitar la exposición en áreas donde están presentes sales y otros químicos corrosivos.

♣ No almacenar los cilindros en áreas de tráfico para prevenir la caída accidental o el daño al caerse objetos en movimiento. Los capuchones deben permanecer fijos a los cilindros cuando no están en servicio.

♣ Separar los cilindros llenos de los vacíos.

Sección XII Recomendaciones para el envasado

El oxígeno gaseoso es envasado en cilindros que cumplen las especificaciones de los códigos ASME. En México, los cilindros se fabrican de acuerdo a la norma NOM S-11-1970 (Norma Oficial de construcción y funcionamiento para recipientes sin costura para gases a alta presión). El oxígeno líquido es un gas criogénico. Los materiales de construcción deben ser seleccionados con compatibilidad para temperaturas extremadamente bajas.

Sección XIII Información para protección especial:

- ♣ Protección respiratoria: No aplica

- ♣ Ventilación: Según se requiera. El venteo deberá realizarse evitando el incremento de la concentración de oxígeno en las áreas de trabajo.

- ♣ Protección ocular: Anteojos de seguridad con protección lateral.

- ♣ Guantes de protección: Guantes aislados de solapa larga fácilmente removibles. Para manejo de cilindros de gas comprimido se deberá usar guantes de carnaza.

- ♣ Otro equipo de protección: Casco de seguridad con pantalla facial, botas de seguridad, ropa de algodón, los pantalones no deben tener ruedo y deben usarse fuera de las botas.

Sección XIV Métodos de obtención:

El oxígeno se prepara en el laboratorio a partir de ciertas sales como el clorato de potasio, el peróxido de bario y el peróxido de sodio. Los métodos industriales más importantes para la obtención de oxígeno son la electrólisis del agua y la destilación fraccionada de aire líquido.

En este último método, se licúa el aire y se deja evaporar. En el aire líquido, el nitrógeno es más volátil y se evapora antes, quedando el oxígeno en estado líquido. A continuación el oxígeno se almacena y se transporta en forma líquida o gaseosa.

Uno de los procesos utilizados para la producción de los gases atmosféricos como el oxígeno es conocido como rectificación del aire. Este proceso consiste en purificar y secar el aire y luego enfriarlo hasta $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura a la cual se licúa. El estado líquido permite separar cada uno de sus componentes por destilación. Este método asegura una eficiente obtención de gases de alta pureza.

Sección XV Uso industrial:

- El oxígeno, por sus propiedades comburentes, es usado en procesos de combustión para obtener mayores temperaturas.
- En mezclas con acetileno u otros gases combustibles, es utilizado en soldadura y corte de metales.
- Por sus propiedades oxidantes, es utilizado en diversas aplicaciones en siderurgia, industria papelera, electrónica, química, etc.
- El oxígeno es utilizado ampliamente en medicina, en diversos casos de deficiencia respiratoria, resucitación, anestesia, en creación de atmósferas artificiales, terapia hiperbárica, tratamiento de quemaduras respiratorias, etc.
- El oxígeno de gran pureza se utiliza en las industrias de fabricación de metal.
- Debido a su baja temperatura es muy importante se emplea como propulsor en los misiles teledirigidos.

2.2 NITRÓGENO LÍQUIDO

Sección I. Datos generales del Nitrógeno líquido:

Elemento químico, símbolo N, número atómico 7, es un gas en condiciones normales. El nitrógeno molecular es el principal constituyente de la atmósfera (78% por volumen de aire seco). El nitrógeno se considera que fue descubierto formalmente por Daniel Rutherford en 1772 al dar a conocer algunas de sus propiedades.

El nombre comercial usado es nitrógeno líquido y otros sinónimos empleados son nitrógeno líquido criogénico y nitrógeno líquido.

El nitrógeno pertenece a la familia de gases inertes; su peso molecular es de 28.01 g/mol.

Sección II Número de identificación del Nitrógeno:

- Número CAS: 7727-37-9
- Gas comprimido: UN-1066
- Líquido refrigerado: UN-1977

Tabla 4. Sección III Propiedades físico-químicas del nitrógeno ¹⁷

Densidad de gas a 0°C (32°F), 1 atm:	1.234 kg/m ³ (0.072 lb/ft ³)
Punto de ebullición a 1 atm:	-195.8°C (-320.4°F)
Punto de congelación / fusión a 1 atm:	-210°C (-345.8°F)
Peso específico (aire = 1) a 21.1°C (70°F):	0.906
PH:	No aplica (N/A)
Peso molecular:	28.01
Solubilidad en agua vol/vol a 0°C (32°F) y 1 atm:	0.023
Volumen específico del gas (lb/ft ³) :	13.8
Presión de vapor a 21.1°C (70°F):	No aplica.
Apariencia y color:	Gas incoloro y sin olor.
Límites de inflamabilidad	Inferior: N/A Superior: N/A
Punto de ignición	No aplica.
Temperatura de autoignición	No aplica.
Clasificación eléctrica	No aplica.

Sección IV Información necesaria para protección de la salud:

(a) Límite de exposición: No aplica. El nitrógeno no está clasificado como cancerígeno por la IARC (Agencia Internacional para la investigación del Cáncer) u OSHA (Oficina de seguridad y salud laboral).

(b) Síntomas de la exposición: El nitrógeno es un asfixiante simple. Puede causar asfixia al desplazar el oxígeno del aire. La exposición a una atmósfera deficiente de oxígeno (<19.5%) puede causar mareo, náusea, vómito, depresión, salivación excesiva, disminución de agudeza mental, pérdida del conocimiento y muerte.

Exposición a atmósferas que contengan una cantidad de oxígeno menor al 10% pueden causar pérdida del conocimiento sin dar aviso y tan rápidamente que el individuo no tendrá tiempo de protegerse, con movimientos convulsivos, colapso respiratorio, lesiones graves o muerte.

(c) Propiedades toxicológicas: El nitrógeno es un asfixiante simple.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados:

♣ En caso de inhalación se deberá trasladar a la persona expuesta a altas concentraciones de nitrógeno al aire libre lo antes posible. Solamente personal profesionalmente entrenado puede suministrar oxígeno suplementario y/o resucitación cardio-pulmonar, de ser necesario. Obtener asistencia médica inmediatamente.

♣ En caso de salpicadura de nitrógeno en los ojos, enjuagarse rápidamente con agua por 15 minutos. Ver al médico inmediatamente, preferible a un oftalmólogo.

♣ En caso de contacto con la piel se deberá remover toda la ropa que pueda reducir la circulación en el área congelada. No frotar las partes congeladas ya que puede dañar la piel.

Tan pronto sea posible darle a la parte afectada un baño con agua tibia cuya temperatura no exceda 40°C (105°F).

♣ Nunca usar aire caliente. Remover y ventilar la ropa contaminada. En caso de exposición masiva, remover la ropa mientras el individuo se baña en una regadera con agua tibia.

♣ Obtener asistencia médica lo más pronto posible. Si la parte afectada se descongela antes de recibir asistencia médica, cubrir el área con cantidad de gasas secas y estériles.

(e) Mezclas peligrosas de otros líquidos, sólidos o gases: No aplica.

Sección V: Datos de reactividad del nitrógeno:

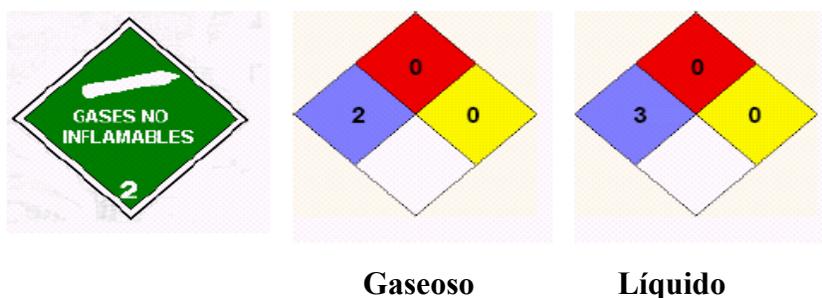
Tabla 5 : Datos de reactividad ¹⁷	
Estabilidad que presenta el oxígeno	Estable
Condiciones a evitar	Ninguno
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Ninguno
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

Sección VI Información sobre riesgos de fuego y explosión:

VI (a) Definición de grado de riesgo del nitrógeno líquido

Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 Especial: N/A

Figura 8. Modelo del rombo para el nitrógeno líquido



Fuente: Ficha de datos de seguridad de nitrógeno líquido. Abelló Linde, S.A de C.V Gases Técnicos
01/06/1999

VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios

El nitrógeno no es inflamable, ni tampoco comburente. En caso de incendio se pueden utilizar todos los elementos extintores conocidos.

VI (c) Peligros inusuales de fuego y explosión

Los cilindros expuestos al calor o flama pueden ventearse.

VI (d) Identificación de peligros

♣ El nitrógeno es un gas licuado fuertemente refrigerado, inerte incoloro, e inodoro. El peligro primordial a la salud asociado con escapes de este gas es asfixia por desplazamiento del oxígeno. Puede causar graves quemaduras por congelación.

♣ En contacto con la piel hay congelamiento y graves quemaduras criogénicas. En la piel quemada por congelación no hay dolor. El aspecto es encerado y de color amarillento. En cuanto se descongela, es muy doloroso, se hincha y es muy propensa a infecciones.

♣ Cuando se da el contacto con los ojos hay congelamiento a la membrana y graves quemaduras criogénicas.

Sección VII Información sobre el transporte:

- ♣ El nitrógeno líquido se transporta en termos.

- ♣ Se deberá evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no este separado del compartimiento del conductor.

- ♣ Los termos se deben transportar en una posición segura en un vehículo bien ventilado. El transporte de cilindros de gas comprimido en automóviles o en vehículos cerrados presenta serios riesgos de seguridad y debe ser descartado.

- ♣ El transporte de este producto está sujeto a las disposiciones y requerimientos establecidos en el Decreto 1609 de 2.002 del Ministerio de Transporte. Para la manipulación de ese producto deberán cumplirse los requisitos establecidos en la Ley 55 de 1.993 para el uso de sustancias químicas en el puesto de trabajo.

Sección VIII Procedimiento en caso de fugas o derrames:

VIII (a) Medidas de seguridad en caso de fugas o derrames

- ♣ Evitar el contacto del nitrógeno líquido o sus vapores fríos con la piel. Rocíar el nitrógeno líquido con agua para dispersarlo. Ventilar las áreas cerradas para evitar la formación de atmósferas deficientes de oxígeno causadas por la evaporación del nitrógeno gaseoso.

- ♣ En caso de incendios se deberá remover los termos de nitrógeno del incendio o enfriarlos con agua desde un lugar seguro. Algunos de los termos están provistos de unos dispositivos que permiten evacuar el contenido de gas cuando son expuestos a altas temperaturas. La presión en los termos puede aumentar debido a calentamiento y puede explotar si los dispositivos de alivio de presión llegaran a fallar.

♣ En caso de escape evacuar a todo el personal de la zona afectada (hacia un lugar contrario a la dirección del viento). Aislar un área de 25 a 50 metros a la redonda.

♣ Localizar y sellar la fuente de escape del gas. Dejar que el gas se disipe.

♣ Monitorear el área para comprobar los niveles de oxígeno. La atmósfera debe tener un mínimo de 19.5% de oxígeno antes de permitir el acceso de personal con aparatos de respiración autosuficiente. Eliminar posibles fuentes de ignición.

♣ Ventilar el área encerrada o mover el termo con fuga a un área ventilada. Para aumentar el grado de vaporización, rociar grandes cantidades de agua sobre el derrame, en posición contraria al viento. El suelo deberá estar libre de escarcha. Evitar el contacto con nitrógeno líquido o gas congelado. Escapes sin control deben ser atendidos por personal profesionalmente entrenado usando un procedimiento establecido previamente.

VIII (b) Método de eliminación de desechos

Permitir que el nitrógeno líquido se evapore en un lugar abierto bien ventilado, lejos de las áreas de trabajo. Ventear el gas nitrógeno hacia un lugar exterior bien ventilado alejado de las áreas de trabajo. No intentar desechar el nitrógeno residual en cilindros de gases comprimidos. Regresar los cilindros con una presión residual positiva, la válvula cerrada y el capuchón colocado en su lugar.

Sección IX Información ecológica:

El nitrógeno compone el 78.03% del volumen de aire en la atmósfera. El nitrógeno no puede considerarse como contaminante en sentido estricto, ya que no es tóxico y se halla en la atmósfera de modo natural.

No obstante el problema ambiental es el relativo al ciclo del nitrógeno. La acumulación de nitratos en el subsuelo, por lixiviación, puede incorporarse a las aguas subterráneas o bien

ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio.

En un medio eutrofizado se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie.

Estos dos fenómenos producen una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos. El nitrógeno líquido no está identificado como un contaminante marino por el DOT (Departamento de Transporte).

Los fertilizantes nitrogenados son una importante fuente de contaminación del suelo y de las aguas. Los compuestos que contienen ión Cianuro forman sales extremadamente tóxicas y son mortales para numerosos animales, entre ellos los mamíferos. La adición de nitrógeno enlazado en el ambiente tiene varios efectos. Primeramente, puede cambiar la composición de especies debido a la susceptibilidad de ciertos organismos a las consecuencias de los compuestos de nitrógeno.

Segundo, la mayoría del nitrito puede tener varios efectos sobre la salud de los humanos así como en animales. La comida que es rica en compuestos de nitrógeno puede causar una pérdida en el transporte de oxígeno en la sangre, lo que puede tener consecuencias serias para el ganado.

Sección X Recomendaciones para el manejo de nitrógeno líquido:

♣ Manejar siempre el nitrógeno líquido cuidadosamente, la extrema baja temperatura a la que se encuentra puede provocar una quemadura similar a la que provoca un calor intenso.

♣ Al manipular nitrógeno líquido, hágalo lentamente para reducir al mínimo el riesgo de derrame y salpicadura.

♣ No permitir que ninguna parte del cuerpo sin protección toque tuberías o recipientes no aislados que contengan nitrógeno líquido, ya que el metal extremadamente frío puede adherirse rápidamente a la piel y rasgarla al retirarla.

♣ Antes de usar un termo, este se deberá mover utilizando un carro porta termos o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastrarlos en posición horizontal. Se deberá evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o contra otras superficies.

♣ No se deben transportar en espacios cerrados como, por ejemplo, el baúl de un automóvil, camioneta o van. Para descargar los termos, usar los dispositivos provistos para este fin que se encuentran en el camión de reparto.

♣ No usar adaptadores, herramientas que generen chispas ni calentar el termo para aumentar el grado de descarga del producto.

♣ Jamás descargar el contenido del termo hacia las personas, equipos, fuentes de ignición, material incompatible o a la atmósfera. No usar aceites o grasas en los acoples o en el equipo de manejo del gas.

♣ Inspeccionar el sistema para escapes usando agua y jabón. No intentar introducir objetos como alicates, destornilladores, palancas, etc. en la válvula, ya que puede dañarse y causar un escape. Si el usuario experimenta alguna dificultad en el funcionamiento de la válvula del termo, discontinuar el uso y ponerse en contacto con el fabricante o proveedor. No usar el termo como parte de un circuito eléctrico.

♣ Después del uso de un termo que contenga nitrógeno líquido se deberá cerrar la válvula principal del termo.

♣ Nunca colocar nitrógeno líquido en un recipiente que no este protegido por un dispositivo de seguridad. Una presión excesiva puede causar la rotura del recipiente y lesiones al personal.

- ♣ Marcar los termos vacíos con una etiqueta que diga “VACÍO”.

- ♣ No deben reutilizar termos que presenten fugas, daños por corrosión o que hayan sido expuestos al fuego. En estos casos, notificar al proveedor para recibir instrucciones.

- ♣ Mantener el contenedor por debajo de 50 °C.

Sección XI Recomendaciones para el almacenamiento de nitrógeno líquido:

- ♣ Usar ventilación natural o mecánica. Utilizar sistemas de detección de gases diseñados de acuerdo con las necesidades.

- ♣ Almacenar los termos en posición vertical.

- ♣ Separar los termos vacíos de los llenos. Para esto, usar el sistema de inventario “primeras entradas, primeras salidas” para prevenir que los termos llenos sean almacenados por un largo período.

- ♣ Usar solo envases y equipo (tubería, válvulas, conectores, etc.) diseñados para almacenar y operar con líquidos criogénicos. Los termos pueden ser almacenados al descubierto pero, en tal caso, deben ser protegidos contra la intemperie y humedad para prevenir deterioro.

- ♣ El área de almacenamiento debe encontrarse delimitada con el fin de evitar el paso de personal no autorizado que pueda manipular de forma incorrecta el producto.

- ♣ Almacenar lejos de áreas con mucho tráfico, de salidas de emergencia, áreas de procesamiento y producción, alejado de ascensores, salidas de edificios, cuartos y de pasillos principales que lleven a salidas. El área debe ser protegida con el fin de prevenir ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión sobre la superficie del termo.

♣ No permitir que la temperatura en el área de almacenamiento exceda los 54° C (130° F) ni tampoco que entre en contacto con un sistema energizado eléctricamente.

♣ Señalizar el área con letreros que indiquen “Prohibido el paso a personal no autorizado”, “No fumar” y con avisos donde se indique el tipo de peligro representado por el producto.

♣ El almacén debe contar con un extinguidor de fuego apropiado (por ejemplo, sistema de riego, extinguidores portátiles, etc.). Los termos no deben colocarse en sitios donde hagan parte de un circuito eléctrico.

♣ Para el almacenamiento del producto se deben tener en cuenta los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4975.

Sección XII Recomendaciones para el envasado:

♣ Los recipientes no presurizados destinados al almacenamiento de nitrógeno líquido son construidos de aleación ligera que permite aunar un reducido consumo a robustez y ligereza; deberán disponer de un cuello de 50 mm de diámetro provisto de una brida, que facilite la adaptación de dispositivos de extracción.

♣ Los recipientes presurizados están diseñados para el almacenamiento y extracción de nitrógeno líquido a baja presión. Poseen un indicador de nivel que permite verificar la cantidad de líquido disponible.

Sección XIII Información sobre protección especial:

♣ Protección respiratoria: Usar protección respiratoria como equipo de auto-contenido (SCBA: Sistema de Aparatos de respiración autónomos) o máscaras con mangueras de aire y de presión directa, cuando se presenten escapes de este gas o durante las emergencias. Los purificadores de aire no proveen suficiente protección.

- ♣ Ventilación: Natural o mecánica donde el gas o los vapores estén presente.

- ♣ Protección ocular: Es recomendable usar pantalla facial, que cubra toda la cara y lentes de seguridad.

- ♣ Guantes de protección: Uso de guantes largos aislantes de frío o cuero, los guantes deben estar limpios y libres de grasa y aceite.

- ♣ Otro equipo de protección: Durante el manejo de termos, usar zapatos industriales de seguridad, camisa de manga larga y pantalones sin doblez en el ruedo.

Sección XIV Métodos de obtención:

Se obtiene de la atmósfera haciendo pasar aire por cobre o hierro calientes; el oxígeno se separa del aire dejando el nitrógeno mezclado con gases inertes. El nitrógeno puro se obtiene por destilación fraccionada del aire líquido. Al tener el nitrógeno líquido un punto de ebullición más bajo que el oxígeno líquido, el nitrógeno se destila primero, momento en que puede separarse.

En el departamento de Materiales ubicado en Ciudad Universitaria se produce nitrógeno líquido. Este proceso llamado se describe a continuación:

La obtención del nitrógeno líquido se basa en un proceso de ciclo abierto (llamado LINIT), en que el aire es el fluido de trabajo y la fuente de alimentación de la que se obtiene el nitrógeno líquido. Por consiguiente se elimina la necesidad de emplear un gas refrigerador especial. Las fases del proceso son las siguientes:

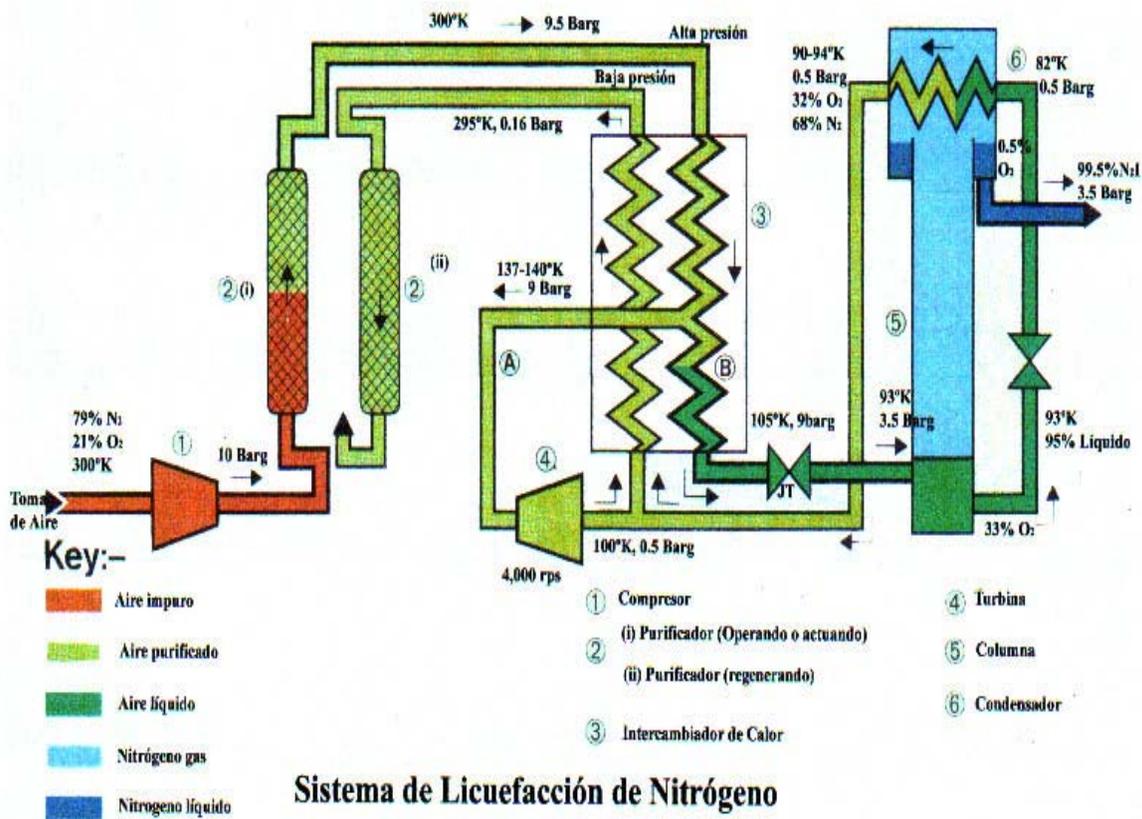


Figura 9. El Método LINIT para obtención del Nitrógeno líquido. Fuente: Instructivo de uso del Método LINIT.

Compresión:

El aire natural de la atmósfera se comprime en un compresor. El aceite lubricante del compresor que el aire arrastra elimina en el separador de aceite. El calor de compresión se elimina en el postenfriador. La humedad atmosférica presente el aire se condensa durante el postenfriamiento y se extrae automáticamente.

Purificación:

El dióxido de carbono y la humedad residual se extraen del aire en la unidad purificadora. Esta es importante para impedir la formación de hielo en el licuador, que de otro modo, reduciría la eficacia de licuefacción.

La unidad comprende dos cámaras de desecación de encendido automático, una de las cuales procesa gas mientras que en la otra se regenera.

Cuando es necesario una capacidad de largo tiempo de funcionamiento, se añade un dispositivo de absorción secundario a continuación de las cámaras de desecado.

Licuefacción:

El aire purificado penetra el conducto de alta presión del intercambiador calorífico, en que se enfría y se licúa. Para conseguirlo, la refrigeración necesaria se procesa con una turbina de expansión, que dilata una corriente lateral de aire. Este aire, enfriado mediante el proceso de expansión, se alimenta al conducto de baja presión del intercambiador calorífico para enfriar el aire entrante a alta presión.

Destilación:

El aire líquido del intercambiador calorífico se dilata a través de una válvula y pasa a la columna de destilación donde se fracciona. El vapor del nitrógeno se eleva hasta la cúspide de la columna, mientras que el aire líquido, ligeramente enriquecido de oxígeno, se acumula en su base. El vapor del nitrógeno se licúa entonces en el condensador, cuya refrigeración se provee mediante el aire líquido dilatado de la base de la columna.



Figura 10: Contenedor de nitrógeno líquido en Ciudad Universitaria.

Sección XV Uso industrial:

El nitrógeno líquido tiene gran aplicación industrial debido a su baja temperatura (-196 °C), por lo que es grandemente usado en:

- * Congelamiento rápido de frutas y verduras.
- * Congelamiento de alimentos y tejidos.
- * Refrigeración de carnes, aves y mariscos.
- * Procesos en la fabricación de dulces, chicles y chocolates.
- * Procesos en la pulverización de plásticos.
- * Congelamiento de tuberías de líquidos para reparaciones de emergencia.
- * Como fuente productora de nitrógeno gaseoso.
- * Se usa para sintetizar amoníaco. A partir de este amoníaco se preparan una gran variedad de productos químicos como fertilizantes, ácido nítrico, urea, hidracina y aminas.
- * Protección contra el fuego y explosiones, industria química y metalúrgica.
- * Procesamiento de aceites y grasas vegetales.

2.3 HELIO

Sección I Datos generales del helio:

El helio es el segundo elemento más ligero después del hidrógeno. Su concentración en la atmósfera es de tan solo 0.0005%. Los nombres comerciales y/o sinónimos son: helio, helio líquido (LHe). Está presente en el aire en muy baja concentración (5 ppm). Es un gas 7 veces más liviano que el aire. El helio pertenece a la familia de los gases.

Sección II Número de identificación del Helio:

No.CAS:7440-59-7

No.UN (GAS):1046

No. UN (LIQUIDO): 1963

Tabla 6 Sección III Propiedades físico-químicas del helio ¹⁹

Punto de ebullición	1 atm: - 452.1° F (-268.9 °C)
Densidad del líquido al punto de ebullición	1 atm: 7.798 lb/ft ³
Presión de vapor	No aplica
Solubilidad en agua	68°F(20° C), 1 atm: 0.861% por volumen
Apariencia y olor	El helio en estado líquido o gaseoso es incoloro e inodoro.
Densidad del gas	32°F(0°C), 1 atm: 0.01114 lb/ft ³
Punto de congelamiento	367 psia.: - 458°F(-272°C)
Gravedad específica	32°F (0°C), 1 atm. 0.138 aire
Límites de inflamabilidad	Inferior: N/A Superior: N/A
Punto de ignición	No aplica
Temperatura de autoignición	No aplica
Clasificación eléctrica	No aplica

Sección IV: Información necesaria para la protección de la salud.

(a) Límite de exposición:

El helio es un simple asfixiante y no tiene valor límite de exposición (TLV). El helio no está clasificado como cancerígeno por NTP, IARC, u OSHA.

(b) Síntomas de exposición:

El helio es inodoro y no tóxico, pero puede producir asfixia al diluir la concentración de oxígeno en el aire, hasta niveles inferiores a los necesarios para mantener la vida. No se deberá entrar en áreas donde la concentración de oxígeno, sea menor al 19.5% sin equipo de respiración autónomo o una mascarilla con línea de aire.

La exposición al helio líquido o a los vapores fríos pueden producir graves daños a los tejidos o quemaduras.

(c) Propiedades toxicológicas:

El helio no es tóxico, pero puede actuar como un simple asfixiante.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados:

Las personas que sufren de falta de oxígeno deben ser trasladadas a un área con atmósfera normal. Si la víctima no está respirando bien, debe suministrarse respiración artificial o bien oxígeno adicional. Si el líquido criogénico o el gas vaporizado hacen contacto con la piel o los ojos de la persona, los tejidos congelados deben lavarse abundantemente con agua tibia (41-46 °C). No usar agua caliente.

(e) Mezclas peligrosas de otros líquidos, sólidos o gases: No aplica

Sección V Datos de reactividad:

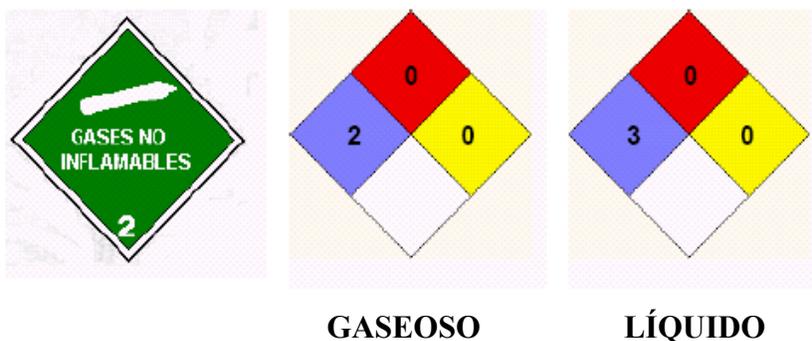
Tabla 7 : Datos de reactividad ¹⁹	
Estabilidad que presenta el helio	Estable
Condiciones a evitar	Ninguno
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Ninguno
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

Sección VI Información sobre riesgos de fuego y explosión:

VI (a) Definición del grado de riesgo

Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 Especial: 0

Figura 11. Modelo del rombo para el helio



Fuente/ Fichas de datos de seguridad de helio, Electro Óptica, S.A de C.V 07/03/1995

VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios: No aplica

VI (c) Peligros inusuales de fuego y explosión: Los cilindros expuestos al calor intenso o al fuego pueden ventearse rápidamente o explotar.

Sección VII Información sobre transportación:

El helio en forma de gas comprimido está catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se deberá rotular con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no inflamable) con el número de naciones unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STC/1999.

Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una emergencia según NOM-005-STC/1999.

Para este tipo de producto no existe ninguna restricción por incompatibilidad para el transporte con otro producto según NOM-010-STC/1999.

Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transportar en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

Sección VIII Procedimientos en caso de fugas o derrames:

VIII (a) Medidas de seguridad en caso de fugas o derrames

♣ Evitar el contacto de la piel con el helio líquido o sus vapores fríos. Rocíar con agua el helio líquido para dispersarlo.

♣ Ventilar las áreas cerradas para evitar la formación de atmósferas deficientes de oxígeno provocadas por la evaporación del helio líquido o la fuga del helio gaseoso.

VIII (b) Método de eliminación de desechos

♣ Permitir que el helio líquido se evapore en un lugar abierto y bien ventilado, lejos de las áreas de trabajo. Ventear el gas helio hacia un lugar exterior bien ventilado alejado de las áreas de trabajo.

- ♣ No intentar desechar el helio residual en cilindros de gas comprimido.

Sección IX Información sobre ecología:

El helio es un gas no tóxico, por ser parte del aire no genera efectos adversos a la ecología, el helio no contiene ningún químico de clase I o II que ataquen la capa de ozono, el helio no está catalogado como contaminante marino. El helio no se encuentra dentro de los listados que sirven para clasificar a una actividad como de alto riesgo.

Sección X Recomendaciones especiales para el manejo:

- ♣ Evitar el contacto del helio líquido o sus vapores fríos con la piel descubierta.
- ♣ Evitar dejar líquido atrapado dentro de sistemas cerrados. Sólo utilizarlo en áreas bien ventiladas. Los cilindros de gas comprimido contienen helio a presiones extremadamente altas y deben ser manejados con cuidado.
- ♣ Utilizar un regulador para reducir la presión cuando se le conecte a sistemas de suministro de menor presión. Asegurar los cilindros cuando estén en uso.
- ♣ Nunca usar flama directa para calentar un cilindro de gas comprimido. Usar una válvula check para evitar el retroceso de flujo al cilindro.
- ♣ Evitar golpear, rodar o arrastrar los cilindros aún en distancias cortas. Usar un carro de mano adecuado (diablo) para transportarlos.

Sección XI Recomendaciones especiales para el almacenamiento:

- ♣ Almacenar los cilindros y los contenedores en áreas bien ventiladas.
- ♣ Mantener los cilindros alejados de fuentes de calor.

♣ No almacenar cilindros en áreas de tráfico para evitar caídas accidentales o el daño al caerse objetos en movimiento. Los cilindros que no estén en uso deben mantenerse con el capuchón de la válvula puesto.

♣ Separar los cilindros llenos de los vacíos.

♣ Almacenar los cilindros en áreas libres de material combustible. Evitar exponerlos en áreas en las que haya sales u otros químicos corrosivos.

Sección XII Recomendaciones especiales para el envasado:

El helio gaseoso es envasado en cilindros que cumplen las especificaciones DOT (Department of Transportation: Departamento de Transporte), el código ASME (American Society of Mechanical Engineers) o la norma NOM S-11-1970. El helio líquido se almacena en contenedores aislados con alto vacío que cumplen las especificaciones DOT o el código ASME.

El helio líquido es un líquido criogénico. Los materiales de construcción deben seleccionarse con compatibilidad a temperaturas extremadamente bajas. Evitar el uso de acero al carbón y otros materiales que sean frágiles a bajas temperaturas. Los cilindros de gas comprimido sólo pueden ser llenados por proveedores calificados de gases comprimidos. Si se sospecha que existe una atmósfera deficiente de oxígeno o esta puede ocurrir, usar equipo de monitoreo de oxígeno para comprobarlo.

Sección XIII Equipos de protección personal:

♣ Usar equipo de respiración autónomo en atmósferas deficientes de oxígeno. Las mascarillas de cartucho no funcionarán. Su uso puede provocar asfixia.

♣ Uso de líquidos usar guantes de material impermeable fáciles de remover, tales como cuero. Cuando se este manipulando helio en estado gaseoso se deberá usar guantes de cuero para el manejo de cilindros de gas comprimido.

♣ Usar anteojos de seguridad para el manejo de cilindros de alta presión.

Sección XIV Métodos de obtención:

Este gas es un componente escaso del aire, su extracción desde la atmósfera es impráctica. Normalmente se obtiene de algunos yacimientos petrolíferos que lo contienen en altas concentraciones; se obtiene de los pozos de gas natural.

Air Products and Chemicals, socio comercial de Infra, es el principal productor de helio en el mundo. Las mayores fuentes de obtención de este gas se encuentran precisamente en los Estados Unidos. Debido a sus propiedades físicas y químicas al no ser reactivo ni radiactivo, es inerte y su uso es muy seguro, permiten que tenga múltiples aplicaciones.

Sección XV Usos industriales:

* El helio es el gas más difícil de licuar, y es imposible de solidificar a presiones atmosféricas normales. Esas propiedades convierten al helio líquido en un material extremadamente útil como refrigerante, y para experimentos de obtención y medida de temperaturas cercanas al cero absoluto.

* Se utiliza como atmósfera inerte de protección en soldadura.

* Por su baja densidad y no inflamabilidad, es usado para inflar globos publicitarios, meteorológicos, de diversión, etc.

* Por su capacidad de mantenerse fluido a bajas temperaturas y su elevada conductividad térmica, puede ser usado en criogenia, en aplicaciones especiales de refrigeración y en

enfriamiento de equipos industriales.

* Se emplea en soldadura por arco de gas inerte de ciertos metales ligeros, tales como las aleaciones de aluminio y magnesio, que de otra forma se oxidarían; el helio protege las partes calientes del ataque del aire.

* El helio se utiliza en lugar del nitrógeno como parte de la atmósfera sintética que respiran los buceadores, los trabajadores de las campanas sumergidas, porque reduce la posibilidad de sufrir embolias gaseosas.

* En cirugía, los rayos de helio ionizado procedentes de sincrociclotrones son útiles en el tratamiento de los tumores oculares, porque estabilizan o incluso contraen los tumores. Estos rayos se usan también para disminuir las malformaciones de los vasos sanguíneos en el cerebro de los pacientes.

* Es ampliamente utilizado como gas de arrastre para cromatografía gaseosa.

* También se usa como atmósfera inerte en la soldadura de arco para metales ligeros tales como aleaciones de magnesio y aluminio que pueden oxidarse si la soldadura se realiza en presencia de oxígeno; el helio protege las partes calentadas del ataque por el aire.

2.4 HIDRÓGENO

Sección I Datos generales del Hidrógeno:

El hidrógeno es un elemento químico representado por el símbolo H y con un número atómico de 1. En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas diatómico (H₂) el hidrógeno es el elemento químico más ligero y es, también, el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia visible del universo.

Es un gas muy inflamable, arde en el aire con una llama casi invisible de matiz azul pálido.

Por sus propiedades químicas, el hidrógeno es un reductor muy potente, que tiene afinidad por el oxígeno y por todos los oxidantes.

El nombre comercial y sinónimo empleado es hidrógeno; pertenece a la familia de gases inflamables; su peso molecular es de 2.016 g/mol.

Sección II Número de identificación del hidrógeno:

■ Número CAS:1333-74-0

■ UN 1049z

Tabla 8 Sección III Propiedades físico-químicas del hidrógeno ²⁰

Punto de ebullición	1 atm: -252.8 °C (- 423.0° F)
Densidad del líquido al punto de ebullición	1 atm: -70.96 Kg./m ³
Densidad del gas	21.1°C, 1 atm. 0.0834401 Kg./m ³
Presión de vapor	N/A
Apariencia y olor	Es incoloro e inodoro.
Densidad del gas	21.1 °C , 1 atm 0.0834401 kg/m ³
Punto de congelamiento	1 atm: -252.9°C (-434.5°F)
Límites de inflamabilidad	Inferior 4.0% Superior 74.2%
Punto de ignición	N/A Gas a temperatura normal.
Temperatura de autoignición	500°C (932°F)
Clasificación eléctrica	Clase 1 Grupo B
Métodos de extinción	CO ₂ , polvo químico.

Sección IV Información necesaria para la salud:

(a) Límites de exposición:

El hidrógeno es un simple asfixiante por lo que no tiene un valor límite de exposición (TLV). El hidrógeno no está clasificado como cancerígeno por NTP, IARC, u OSHA.

(b) Síntomas de exposición:

El hidrógeno no es tóxico y está clasificado como un simple asfixiante. Los síntomas de anoxia sólo ocurrirán cuando las concentraciones del gas estén dentro de los rangos de inflamabilidad y la mezcla no haya encendido. No entrar en áreas dentro del rango de inflamabilidad debido a los peligros inmediatos de incendio y explosión.

(c) Propiedades toxicológicas:

El hidrógeno no es tóxico y está clasificado como un simple asfixiante, pero es extremadamente inflamable.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados:

Las quemaduras de primer grado (sólo enrojecido, como quemadura de sol), o de segundo grado (ampolla) que sean ocasionadas por la exposición al fuego y se encuentran localizadas en una porción de alguna extremidad u otra pequeña área del cuerpo, pueden ser sumergidas en agua fría de 10 a 20 min. para aliviar el dolor. No sumergir el cuerpo entero en un baño de agua fría.

Todas las quemaduras, excepto las de menor grado y que se localicen en un área pequeña deberán ser tratadas por un médico.

Las áreas quemadas deben ser cubiertas con el material más limpio disponible, como una sábana limpia, previo al traslado del lesionado. No utilizar ungüentos para quemaduras o materiales grasosos, a menos que sólo sean quemaduras de primer grado en áreas pequeñas.

Las personas que sufran de falta de oxígeno deberán ser trasladadas a áreas con atmósfera normal. Si la víctima no está respirando se deberá aplicar respiración artificial de preferencia boca a boca, si la respiración se dificulta administrar oxígeno.

(e) Mezclas peligrosas de otros líquidos, sólidos o gases:

No mezclar con gases oxidantes tales como oxígeno, flúor, cloro, etc. El hidrógeno necesario para reducir las concentraciones del oxígeno en un nivel inferior al requerido para soportar la vida causaría mezclas dentro de los rangos de inflamabilidad.

No entrar en áreas que contengan mezclas inflamables debido al peligro inmediato de incendio o explosión.

Sección V Datos de reactividad:

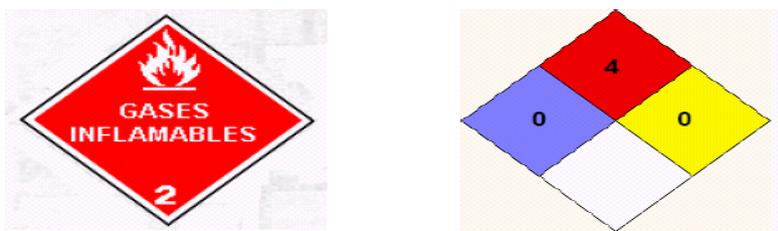
Tabla 9: Datos de reactividad ²⁰	
Estabilidad que presenta el hidrógeno	Estable
Condiciones a evitar	Fuentes de ignición, flamas, objetos calientes
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Materiales oxidantes. Algunos aceros son susceptibles de ataque o de hacerse quebradizos a altas temperaturas o presiones.
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

Sección VI Información sobre riesgos de fuego y explosión:

VI (a) Definición del grado de riesgo

Salud: 0 Inflamabilidad: 4 Reactividad: 0 Especial: Ninguna

Figura 12. Modelo del rombo para el hidrógeno.



Fuente: Fichas de datos de seguridad de hidrógeno, Electro Óptica, S.A de C.V 14/10/2001

VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios

Cerrar la fuente de hidrógeno. Cuando sea posible, permitir que el fuego se extinga por sí mismo. Rociar agua al equipo adyacente para mantenerlo frío.

VI (c) Peligros inusuales de fuego y explosión

El hidrógeno se quema con una flama casi invisible de baja radiación térmica. Fácilmente se incendia; la energía mínima de ignición es muy baja (0.2 MJ) y el rango de inflamabilidad es muy amplio. La flama se propaga muy rápidamente. Existe peligro potencial de explosión por reignición si el fuego se extingue sin cerrar la fuente de hidrógeno. El hidrógeno puede acumularse en las áreas superiores de los lugares cerrados.

Sección VII Información sobre transportación:

El hidrógeno gas comprimido esta catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se deberá rotular con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas inflamable) con el número de

naciones unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STC/1999. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios.

La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una emergencia según NOM-005-STC/1999.

Para este tipo de producto no existe ninguna restricción por incompatibilidad para el transporte con otro producto según NOM-010-STC/1999. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transporte en el compartimento de pasajeros del vehículo.

Sección VIII Información sobre procedimientos en casos de fugas o derrames:

♣No intentar desechar el hidrógeno residual en cilindros.

♣No entrar en áreas que contengan mezclas inflamables de hidrógeno en aire. Ventilar las áreas cerradas para prevenir la formación de atmósferas inflamables o deficientes de oxígeno.

♣Eliminar todas las fuentes potenciales de ignición. Trasladar los cilindros de gases comprimidos al aire libre si la fuga es pequeña.

Sección IX Información sobre ecología:

El hidrógeno no genera efectos adversos a la ecología, no contiene ningún químico de clase I o II que afecten la capa de ozono, el hidrógeno no está catalogado como contaminante marino. El hidrógeno por sus características se encuentra dentro del listado de los productos que si se almacenan, producen o transportan en cantidades iguales o mayores a la de reporte se considerará la actividad como de alto riesgo, la cantidad de reporte para el hidrógeno es de 500 kg.

Sección X Recomendaciones para el manejo de hidrógeno:

- ♣ Sólo utilizar en áreas con buena ventilación. Los cilindros de gases comprimidos contienen hidrógeno a una presión muy elevada, por lo que deben ser manejados con cuidado.
- ♣ Utilizar un regulador de presión cuando los cilindros se conecten a sistemas de baja presión. Asegurar los cilindros cuando estén en uso. Nunca utilizar flama directa para calentar los cilindros.
- ♣ Utilizar válvulas check para prevenir el retroceso de flujo al cilindro. Evitar arrastrar, deslizar o rolar los cilindros aún en distancias cortas.

Sección XI Recomendaciones especiales para el almacenamiento de hidrógeno:

- ♣ Almacenar los cilindros y los contenedores en áreas bien ventiladas. Mantener los cilindros alejados de fuentes de calor.
- ♣ No almacenar cilindros en áreas de tráfico para evitar caídas accidentales o el daño al caerse objetos en movimiento. Los cilindros que no estén en uso deben mantenerse con el capuchón de la válvula puesto.
- ♣ Separar los cilindros llenos de los vacíos.
- ♣ Almacenar los cilindros en áreas libres de material combustible. Evitar exponerlos en áreas en las que haya sales u otros químicos corrosivos. El almacenamiento del hidrógeno debe estar separado de los gases oxidantes tales como oxígeno y flúor al menos con 6 m. de distancia.

Sección XII Recomendaciones para el envasado:

El hidrógeno gaseoso en Estados Unidos se envasa en cilindros que cumplen con las especificaciones DOT o los códigos ASME. En México se fabrican cilindros de acuerdo a la norma NOM S-11-1970. Los cilindros de hidrógeno sólo deben ser llenados por personal experimentado de los proveedores. Las atmósferas de las áreas en las cuales se haya venteado el hidrógeno y exista acumulación, deberán ser monitoreadas con un analizador portátil de gases inflamables.

Sección XIII Información sobre protección especial:

- ♣ Protección respiratoria: No aplica.

- ♣ Ventilación: Natural o mecánica. La ventilación mecánica debe cumplir con el Código Nacional Eléctrico (NEC) para Clase 1 Grupo B.

- ♣ Protección ocular: Se recomienda el uso de anteojos de seguridad para el manejo de cilindros de gases comprimidos.

- ♣ Guantes de protección: Guantes de carnaza para el manejo de cilindros de gases comprimidos.

- ♣ Otro equipo de protección: Zapato con casquillo y ropa 100% de algodón.

Sección XIV Método de obtención

El proceso más utilizado para la obtención de hidrógeno consiste en separar los dos componentes constituyentes del agua (oxígeno e hidrógeno) por medio de electrólisis, obteniéndose hidrógeno de una gran pureza. El agua se separa en H_2 y O_2 por aplicación de energía:

$$H_2O + \text{electricidad} \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$$

Otro método para empleado es a partir de gas natural; en donde ocurre una conversión endotérmica de metano y vapor de agua a 700-850 °C y 3-25 bares.



Sección XV Uso industrial

* El hidrógeno es utilizado, por sus propiedades reductoras, en crackeo (rompimiento de cadenas largas) de hidrocarburos, como componente de atmósferas reductoras en la industria metalúrgica, industria química y en la industria alimenticia.

* El hidrógeno de alta pureza se emplea como combustible en detectores de ionización de llama, cromatografía de gases.

* El hidrógeno tiene aplicaciones criogénicas como combustible de vehículos y aviones.

2.5 ARGÓN

Sección I Datos generales:

El nombre comercial del producto es argón, otros sinónimos empleados son: argón líquido (LAR). Pertenece a la familia de los gases inertes. El argón es el más abundante de los gases raros en el aire (0.9 % en vol.). Es un excelente conductor de la electricidad.

Sección II Número de identificación del argón:

- NúmeroCAS: 7440-37-1
- Gas comprimido: UN-1006
- Líquido refrigerado: UN-1951

Tabla 10. Sección III Propiedades físico-químicas del argón ²¹

Punto de ebullición	1 atm: - 302.6° F (-185.9 °C)
Densidad del líquido al punto de ebullición	1 atm: 87.40 lb/ft ³ (1.3996 kg/l)
Presión de vapor	No aplica
Solubilidad en agua	68°F(20° C), 1 atm: 3.35% por volumen.
Apariencia y olor	El argón en estado líquido o gaseoso es incoloro e inodoro.
Gravedad específica	a 68°F (20°C) 1.38
Densidad del gas	68°F(20°C), 1 atm: 0.0104 lb/ft ³
Punto de congelamiento	1 atm: - 308.9°F(-189.4°C)
Límites de inflamabilidad	No aplica
Punto de ignición	No aplica
Temperatura de autoignición	No aplica
Clasificación eléctrica	No aplica

Sección IV Información necesaria para la salud:

(a) Límites de exposición:

El argón es un simple asfixiante y no tiene valor límite de exposición (TLV). El argón no está clasificado como cancerígeno por NTP, IARC, u OSHA.

(b) Síntomas de exposición: El argón es inodoro y no tóxico, pero puede producir asfixia al diluir la concentración de oxígeno en el aire, hasta niveles inferiores a los necesarios para mantener la vida. La exposición al argón líquido o a los vapores fríos pueden producir graves daños a los tejidos o quemaduras.

(c) Propiedades toxicológicas: El argón no es tóxico, pero puede actuar como un simple asfixiante al desplazar del aire la cantidad de oxígeno necesaria para mantener la vida.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados:

Las personas que sufren de falta de oxígeno deben ser trasladadas a un área con atmósfera normal. Si la víctima no está respirando bien, debe suministrarse respiración artificial o bien oxígeno adicional.

Si el líquido criogénico o el gas vaporizado hacen contacto con la piel o los ojos de la persona, los tejidos congelados deben lavarse abundantemente con agua tibia (41-46 °C). No usar agua caliente. Las quemaduras criogénicas que produzcan ampollas o la congelación profunda de los tejidos deben ser atendidas de inmediato por un médico.

(e) Mezclas peligrosas de otros líquidos, sólidos o gases: Ninguna.

Sección V Datos de reactividad del argón:

Tabla 11 : Datos de reactividad ²¹	
Estabilidad del argón	Estable
Condiciones a evitar	Ninguna
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Ninguna
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

Sección VI Información sobre riesgos de fuego y explosión:

VI (a) Definición de grado de riesgo

Salud: 0 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 Especial: Ninguna.

VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios. No aplica

VI (c) Peligros inusuales de fuego y explosión. Los cilindros expuestos al calor o flama pueden ventearse rápidamente.

Sección VIII Procedimientos en caso de fugas o derrames:

VIII (a) En caso de fugas o derrames

♣ Evitar el contacto de la piel con el argón líquido o sus vapores fríos. Rociar con agua el argón líquido para dispersarlo.

♣ Ventilar las áreas cerradas para evitar la formación de atmósferas deficientes de oxígeno provocadas por la evaporación del argón líquido o la fuga del argón gaseoso. El argón es

más pesado que el aire y tiende a acumularse en las partes bajas si no hay ventilación adecuada.

VIII (b) Método de eliminación de desechos

- ♣ Permitir que el argón líquido se evapore en un lugar abierto y bien ventilado, lejos de las áreas de trabajo.
- ♣ Ventear el gas argón hacia un lugar exterior bien ventilado alejado de las áreas de trabajo.

- ♣ No intentar desechar el argón residual en cilindros de gas comprimido.

Sección IX Sobre ecología

La atmósfera contiene aproximadamente 1% de argón no genera efectos adversos a la ecología, el argón no tiene ningún químico de clase I o II que ataquen a la capa de ozono y no es catalogado como contaminante marino.

Sección X Recomendaciones para el manejo de argón:

- ♣ Evitar el contacto del argón líquido o sus vapores fríos con la piel descubierta.

- ♣ Evitar dejar líquido atrapado dentro de sistemas cerrados. Sólo utilizarlo en áreas bien ventiladas.

- ♣ Los cilindros de gas comprimido contienen argón a presiones extremadamente altas y deben ser manejados con cuidado. Utilizar un regulador para reducir la presión cuando se le conecte a sistemas de suministro de menor presión.

- ♣ Asegurar los cilindros cuando estén en uso.

- ♣ Nunca usar flama directa para calentar un cilindro de gas comprimido. Usar una válvula check para evitar el retroceso de flujo al cilindro.

♣ Evitar golpear, rodar o arrastrar los cilindros aún en distancias cortas. Usar un carro de mano adecuado (diablo) para transportarlos.

♣ El argón está clasificado como un gas no inflamable. Debe especificarse en la calcomanía "Gas no Inflamable". El nombre correcto para transportación es: (GAS) argón comprimido U.N. 1006, (LIQUIDO) argón líquido refrigerado U.N. 1951.

Sección XI Recomendaciones para el almacenamiento de argón:

♣ Almacenar los cilindros y los contenedores en áreas bien ventiladas. Mantener los cilindros alejados de fuentes de calor.

♣ No almacenar los cilindros en áreas de tráfico para evitar caídas accidentales o el daño al caerse objetos en movimiento.

♣ Los cilindros que no estén en uso deben mantenerse con el capuchón de la válvula puesto.

♣ Separar los cilindros llenos de los vacíos.

♣ Almacenar los cilindros en áreas libres de material combustible. Evitar exponerlos en áreas en las que haya sales u otros químicos corrosivos.

Sección XII Recomendaciones para el envasado:

El argón gaseoso es envasado en cilindros que cumplen las especificaciones DOT (Department of Transportation), el código ASME (American Society of Mechanical Engineers) o la norma NOM S-11-1970. El argón líquido se almacena en contenedores aislados con alto vacío que cumplen las especificaciones DOT o el código ASME.

El argón líquido es un líquido criogénico. Los materiales de construcción deben seleccionarse con compatibilidad a temperaturas extremadamente bajas. Evitar el uso de acero al carbón y otros materiales que sean frágiles a bajas temperaturas. Los cilindros de

gas comprimido sólo pueden ser llenados por proveedores calificados de gases comprimidos. Si se sospecha que existe una atmósfera deficiente de oxígeno o esta puede ocurrir, usar equipo de monitoreo de oxígeno para comprobarlo.

Sección XIII Información sobre protección especial:

♣ Protección respiratoria: Utilizar equipo de respiración autónomo en atmósferas deficientes de oxígeno, las mascarillas de cartucho no funcionarán. Su uso puede provocar asfixia.

♣ Ventilación: Emplear ventilación natural o mecánica donde el gas o los vapores estén presentes.

♣ Guantes de protección: Guantes de material impermeable fáciles de remover, tales como cuero para el manejo de argón líquido y guantes de cuero para el manejo de cilindros de gas comprimido.

♣ Protección ocular: Usar anteojos de seguridad para el manejo de cilindros de alta presión.

♣ Otro equipo de protección: Ninguno.

Sección XIV Método de obtención:

El proceso utilizado para la producción de argón es conocido como rectificación del aire.

Sección XV Uso industrial del argón:

* Metalurgia y siderurgia, para tratamientos térmicos en atmósfera protectora, desgasificación y desulfuración, etc.

* En electricidad y electrónica, para relleno de ampollitas, tubos fluorescentes, etc., en los que previene la oxidación de los filamentos incandescentes.

* En laboratorios especializados es utilizado para aplicaciones en cromatografía, espectrofotometría, etc.

* Como sustancia criogénica se emplea universalmente en la recreación de atmósferas inertes (no reaccionantes).

2.6 DIÓXIDO DE CARBONO

Sección I Datos generales:

El nombre comercial es dióxido de carbono y los sinónimos empleados son gas carbónico, anhídrido carbónico y gas de ácido carbónico. Pertenece a la familia de los óxidos no metálicos.

El dióxido de carbono en condiciones normales, es un gas incoloro e inodoro, con sabor ligeramente picante, existe en la atmósfera en baja concentración, entre 0.03 y 0.06% en volumen. El CO₂ sólido se conoce comúnmente como "hielo seco".

Sección II Número de identificación del dióxido de carbono:

◆No. CAS: 124-38-9

◆No. UN 1013

Tabla 12. Sección III Propiedades físico-químicas del dióxido de carbono²²

Punto de ebullición	1 atm: - 109.3°F (-78.5 °C)
Densidad del gas	68 °C (20°C), 1 atm: 0. 115 lb/ft ³
Densidad del líquido al punto de ebullición	-35°F (-37°C), 11 atm: 68.74 lb/ft ³
Presión de vapor	68°F (20°C): 831 psia (56.5 atm).
Solubilidad en agua	68°F (20°C), 1 atm: 87.8% en volumen.
Apariencia y olor	Incoloro e inodoro como gas o líquido.
Densidad del gas	68 °C (20°C), 1 atm: 0. 115 lb/ft ³
Punto de congelamiento	76 psia: - 69.9 °F (-56.6°C)
Límites de inflamabilidad	No aplica
Punto de ignición	No aplica
Temperatura de autoignición	No aplica
Clasificación eléctrica	No aplica

Sección IV Información necesaria para la salud:

(a) Límites de exposición:

El dióxido de carbono no está clasificado como cancerígeno por IARC, NTP u OSHA.

(b) Síntomas de exposición:

El dióxido de carbono no favorece la vida e inmediatamente puede producir atmósferas peligrosas. A una concentración mayor a 1.5% el dióxido de carbono puede producir hiperventilación, dolor de cabeza, disturbios visuales, temblor, pérdida de la conciencia y muerte.

Los síntomas de exposición a concentraciones de 1.5 a 5% pueden ser altamente variables, pero los síntomas típicos de intoxicación con dióxido de carbono incluyen los siguientes:

Tabla 13. Concentraciones de dióxido de carbono²²

Concentración de CO ₂	Síntomas
1%	Incrementa el ritmo de la respiración
3-6%	Dolor de cabeza, sudor, disnea.
6-10%	Dolor de cabeza, sudor, disnea, temblor, disturbios visuales
Mayor al 10%	Inconsciencia

(c) Propiedades toxicológicas:

El dióxido de carbono es un componente menor pero importante en la atmósfera, se encuentra en una concentración aproximada de 0.03% por volumen. A concentraciones altas afecta la velocidad de respiración.

(d) Tratamiento y primeros auxilios recomendados: Las personas que presenten efectos tóxicos por la exposición al dióxido de carbono deben ser trasladadas a áreas con atmósfera

normal. Puede ser necesario el uso de equipo de respiración autónomo para prevenir la exposición tóxica o la asfixia del personal de rescate.

Si la víctima no está respirando aplicar respiración artificial y administrar oxígeno. Los tejidos congelados deben ser irrigados o empapados con agua tibia (41-46°C). No utilizar agua caliente.

(e) Mezclas peligrosas de otros líquidos, sólidos o gases: Ninguna

Tabla 14. Sección V Datos de reactividad del Dióxido de Carbono

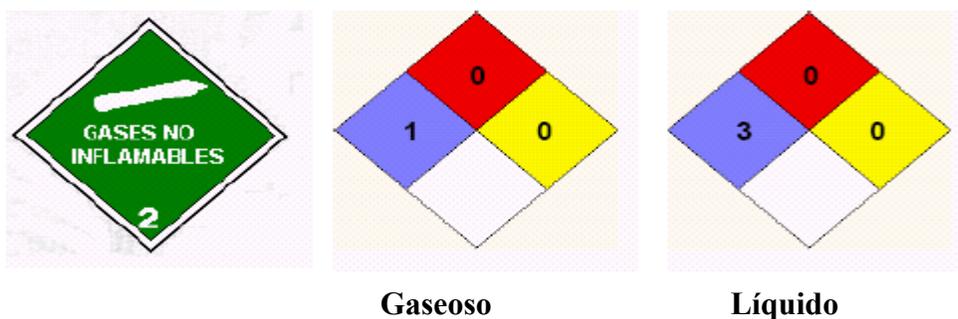
Tabla 14 : Datos de reactividad ²²	
Estabilidad	Estable
Condiciones a evitar	Ninguna
Riesgos de polimerización	No ocurre
Incompatibilidad	Los materiales deben resistir al ácido carbónico, si existe humedad.
Productos de descomposición peligrosos	Ninguno

Sección VI Información sobre riesgos de fuego y exposición:

VI (a) Definición del grado de riesgo

Salud: 1 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 Especial: Ninguna

Figura 13 Modelo rombo para el dióxido de carbono.²²



VI (b) Procedimientos especiales para combatir incendios. No aplica

VI (c) Peligros inusuales de fuego y explosión. No aplica.

Sección VII Información sobre Transportación:

El dióxido de carbono como gas licuado esta catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se debe rotular con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no inflamable) con el número de naciones unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STC/1999. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una emergencia según NOM-005-STC/1999.

Para este tipo de producto no existe ninguna restricción por incompatibilidad para el transporte con otro producto según NOM-010-STC/1999.

Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transporte en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

Sección VIII Información sobre procedimientos en caso de fugas o derrames:

VIII (a) Medidas de seguridad en caso de fugas o derrames.

El dióxido de carbono en pequeñas cantidades se vaporizará dejando una "nieve" de dióxido de carbono (una combinación de hielo seco y hielo de agua donde este presente la humedad atmosférica). Se debe ventilar bien las áreas interiores para evitar concentraciones peligrosas de CO₂.

Evitar el contacto con vapores fríos o hielo seco y ventilarlos adecuadamente. El dióxido de carbono es un gas pesado y permanecerá en lugares bajos si no hay ventilación auxiliar.

VIII (b) Método de eliminación de desechos:

♣ No intentar desechar el dióxido de carbono residual en cilindros de gases comprimidos.

♣ Cuando se deseche cantidades a granel de dióxido de carbono proveniente de tanques de almacenamiento refrigerados, siempre hacerlo a un área al aire libre, con buena ventilación y alejada de áreas de trabajo, donde los vapores se pueden dispersar.

Ventear lentamente a la atmósfera debido a que una despresurización rápida del contenedor provocará la formación interna de dióxido de carbono sólido (hielo seco), requiriendo períodos largos de tiempo para vaporizarse.

Sección IX Información sobre ecología:

El dióxido de carbono no genera efectos adversos a la ecología; no contiene ningún químico de clase I o II que afecten la capa de ozono, el dióxido de carbono no está catalogado como contaminante marino.

El dióxido de carbono no se encuentra dentro de los listados que sirven para clasificar a una actividad como de alto riesgo.

Sección X Recomendaciones especiales para el manejo:

♣ Evitar el contacto con la piel CO₂ líquido, vapores fríos, o la "nieve" de dióxido de carbono.

♣ Nunca manipular dióxido de carbono a alta presión sin saber manejar correctamente los cilindros, válvulas, reguladores, etc.

♣ Evitar que el líquido pueda quedar atrapado en sistemas cerrados. Sólo utilizarlo en áreas bien ventiladas. Los cilindros de gases comprimidos contienen dióxido de carbono líquido y gaseoso a presiones extremadamente altas y por lo mismo deben ser manejados con cuidado.

♣ Utilizar un regulador para reducir la presión cuando se conecte a un sistema de tuberías de baja presión.

♣ Asegurar los cilindros cuando estén en servicio. Nunca utilizar flama directa para calentar los cilindros de gases comprimidos.

♣ Utilizar una válvula de retención para prevenir el retroceso de flujo al contenedor.

♣ Evitar arrastrar, deslizar o rolar los cilindros aún en distancias cortas. Utilizar un carro de mano adecuado (diablo) para transportar cilindros de gases comprimidos.

Sección XI Recomendaciones especiales para el almacenamiento:

♣ Almacenar los contenedores de líquidos y los cilindros en áreas con buena ventilación.

♣ Mantener los cilindros alejados de fuentes de calor. No almacenar cilindros de dióxido de carbono expuesto a los rayos del sol.

♣ No debe permitirse que los cilindros de dióxido de carbono alcancen temperaturas mayores de 55 °C en el lugar de almacenamiento.

♣ No almacenar los cilindros en áreas de tráfico pesado para evitar la caída accidental o el daño al caerse objetos en movimiento. Los capuchones deben permanecer fijos a los cilindros cuando no estén en servicio.

♣ Separar los cilindros llenos de los vacíos.

♣ Las áreas de almacenamiento deben estar libres de materiales combustibles. Evitar la exposición en áreas donde estén presentes sales u otros químicos corrosivos.

♣ Almacenar los cilindros de dióxido de carbono con la válvula hacia arriba.

Sección XII Recomendaciones especiales para el envasado:

♣ El dióxido de carbono es envasado en cilindros que cumplen las especificaciones DOT, el código ASME o la norma NOM S-11-1970.

♣ En aplicaciones donde las temperaturas sean menores de -20°F (-29°C), evitar el uso de acero al carbón y otros materiales que lleguen a ser frágiles a bajas temperaturas.

Sección XIII Información para protección especial:

♣ Protección respiratoria: Utilizar equipo de respiración autónomo donde el dióxido de carbono este presente en una cantidad mayor a 1.5%. Las mascarillas no funcionarán. Su uso puede provocar asfixia.

♣ Ventilación: Natural o forzada donde el gas esté presente para evitar concentraciones de dióxido de carbono mayores a los normales en las áreas de trabajo.

♣ Guantes de protección: Utilizar guantes de material impermeable que sean fáciles de remover, tales como piel o cuero cuando se trabaje con líquido frío, sólido o vapor.

♣ Protección ocular: Se recomienda usar anteojos de seguridad para el manejo de cilindros de alta presión y en áreas donde se descarguen vapores. Se recomienda usar adicionalmente protector facial.

♣ Equipo de protección: Zapato con casquillo y ropa 100% algodón.

Sección XIV Método de obtención:

El dióxido de carbono, es obtenido de la combustión de carbón, gas natural u otro hidrocarburo, de yacimientos naturales o de los procesos de fermentación.

Sección XV Usos industriales:

- El CO₂, se utiliza ampliamente en la creación de atmósferas protectoras para soldaduras al arco.
- En las fundiciones se utiliza como agente endurecedor de moldes y arena.
- En la industria alimenticia tiene importantes aplicaciones: Carbonatación de bebidas, aguas minerales, etc.
- Protección de vinos, cervezas y jugos de frutas contra la oxidación por contacto con aire.
- Como sustancia criogénica se emplea en la congelación.
- Analgésico antes de la matanza de animales.
- En enlatado de productos.
- Por sus características inertes, se usa también como agente extintor fuego y en el manejo, transporte y procesos de manufactura de materiales inflamables.

CAPÍTULO III: MANEJO DE SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS EN LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN.

Existen 2 áreas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán donde se utiliza el nitrógeno líquido, en los laboratorios de postgrado y en el área de radiación magnética (ubicada a espaldas de los laboratorios de analítica).

Los laboratorios de postgrado utilizan el nitrógeno líquido para criopreservar dos tipos de células; células eucarióticas y células procarióticas, también se utiliza para preservar el suero fetal urinario. Estos laboratorios emplean la criopreservación biológica para la congelación de tejidos y células; la preservación del material biológico a temperaturas criogénicas consigue detener completamente las reacciones biológicas, lo que permite el almacenamiento indefinido del citado material.

Con el uso de la criopreservación biológica es posible que el daño que sufran las células sea mínimo y por tanto, la recuperación máxima. A la temperatura del nitrógeno líquido a presión atmosférica (-196 °C) las reacciones bioquímicas se paran y no se producen procesos biológicos que puedan dar lugar a daños o envejecimiento. Se considera que el único factor limitador del tiempo de almacenamiento es la radiación cósmica que puede llegar al material almacenado y dañar el material.

El tiempo necesario para que estos daños sean significativos ha sido estimado entre 5 y 11 años; es decir a efectos prácticos, el almacenamiento puede considerarse como indefinido. El personal académico utiliza dewars (contenedores diseñados para el almacenaje de líquidos criogénicos) de capacidad de aproximadamente 50 kilogramos.

El área de radiación magnética utiliza dos importantes gases criogénicos como son el helio y el nitrógeno líquido. Esta es el área que provee el suministro de nitrógeno a los laboratorios de postgrado que lo almacenan en dewars.

La utilidad que le dan al nitrógeno líquido es para mantener a temperaturas bajas los magnetos empleados en radiación magnética. Los equipos utilizados en radiación emplean aproximadamente 26 litros de nitrógeno y 28 litros de helio, la transferencia de los recipientes a los equipos de resonancia es mediante una línea de transferencia (la cual esta hecha de una aleación no férrica).

El nitrógeno ya en el interior del equipo de resonancia magnética se ocupa para mantener frío el helio y así evitar que se evapore, además de que resulta más económico comprar el nitrógeno.

Es importante conocer las propiedades fisicoquímicas y efectos en la salud de los gases antes de manipularlos, se debe proceder con máxima precaución al transferir nitrógeno líquido a un recipiente a temperatura ambiente o introducir un objeto en el nitrógeno.

Es de vital importancia vigilar que la concentración de oxígeno en los sitios de almacenamiento no descienda por debajo del 19% de volumen.

A pesar de que el nitrógeno líquido es inerte, es causa de más muertes que cualquier otro agente químico en el laboratorio. Cuando se está en una atmósfera saturada de nitrógeno, el flujo de oxígeno a la sangre arterial se ve bloqueado, no pudiendo llegar a los tejidos y manteniéndose en los pulmones, generando pérdida de conciencia en cuestión de segundos.

El nitrógeno líquido al cambiar de fase líquida a gaseosa, incrementa su volumen a un 683% a (15°C y 1 atm); este cambio de volumen es el que genera variaciones en la concentración de oxígeno en el lugar donde se produce la manipulación.

La concentración de oxígeno es un factor determinante en la seguridad y salud de un trabajador, se considera una ventaja tener conocimiento de ésta a la hora de poder adoptar medidas preventivas específicas.

Las ecuaciones que rigen la concentración de oxígeno durante el llenado de los depósitos de nitrógeno líquido son:

$$C_{ox} = (100/VR) * 0.21 * (VR - (0.1 * VD * Fg / 1000))$$

Donde:

C_{ox} = Concentración de oxígeno en el lugar donde se produce el llenado.

0.1 = Aproximadamente se evapora el 10 % del producto de llenado.

VR = Volumen de la sala donde se produce el llenado en m³

VD = Volumen del depósito donde se encuentra el líquido criogénico en m³

0.21 = Concentración normal de oxígeno en el aire (21%).

Fg = Factor de gas que se evapora, en este caso para el nitrógeno líquido (683)

/ = Dividido por. * = Multiplicado por.

En el laboratorio, puede ocurrir un evento similar cuando se trabaja con nitrógeno líquido, ya que el vapor frío se concentra a nivel del piso, por lo que un trabajador que esté agachado puede verse afectado.

Las actuaciones preventivas en materia de líquidos criogénicos deben ir encaminados a cumplir los principios básicos en la ley de prevención de riesgos laborales.

De acuerdo a la visita que se realizó a los laboratorios de postgrado y al de resonancia magnética nuclear de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se realizó una tabla que proporciona datos relevantes de la inspección.

Tabla 15 Inspección de las áreas donde se emplea nitrógeno líquido y helio.

Condición	Sí	No	Observación
El lugar cuenta con equipos de extinción.		X	
Uso de equipo de protección personal (equipo de respiración autónoma, guantes protectores contra el frío (crio-guantes, mandil y zapatos de seguridad industrial).	X		El uso de equipo personal es incompleto, pues solo se están utilizando guantes de carnaza y careta; lo que significa que no se está dando cumplimiento a la NOM-017-STPS-2001 (Equipos de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo).
Revisión periódica del equipo de seguridad.		X	
Las instalaciones cuentan con algún sistema de ventilación.	X		Se emplea solo la ventilación natural.
Se cuenta con procedimientos escritos para manejo de nitrógeno líquido y helio.		X	De acuerdo a la NOM-006-STPS se debe contar con los procedimientos de seguridad e higiene, escritos en idioma español, para la instalación, y operación equipos, de acuerdo a lo establecido en los Capítulos 7 y 8. Dichos procedimientos deben estar disponibles para los trabajadores involucrados.
Identificación de los cilindros vacíos.		X	
Registros de inspección de cilindros y dewars por parte del personal académico.		X	
Registros de capacitación para el personal que hace uso del nitrógeno líquido o del helio.		X	No se ha designado a una persona en particular para llevar a cabo programas de capacitación-.
Se cuenta con algún plan de emergencia en el centro de trabajo.		X	Informar a los trabajadores de los riesgos potenciales a que se enfrentan por el manejo de materiales, en este caso de las sustancias criogénicas (NOM-006-STPS).
Existencia de programas de seguridad de acuerdo al NOM-005-STPS.		X	
Los cilindros se almacenan en algún lugar específico		X	No se cuenta con algún lugar específico, los dewars para el caso de los laboratorios de postgrado se dejan cerca de las mesas de trabajo.
Uso de Hojas de seguridad de las sustancias criogénicas.	X		Se cuenta con las HDS del nitrógeno líquido y helio, pero no están disponibles a la vista al usuario.

Las recomendaciones que pueden hacerse a las 2 áreas mencionadas al inicio son las siguientes:

1.- Se recomienda un sistema de ventilación adecuado en el lugar donde trabajan las personas con nitrógeno líquido y helio. La utilización de sustancias criogénicas en espacios cerrados puede provocar riesgos debido al aumento de su concentración en el ambiente.

Sería recomendable poder adquirir un analizador de oxígeno; para que se pueda estar monitoreando de forma continua la concentración de oxígeno en el ambiente. La deficiencia de oxígeno es un “peligro silencioso” debido a que sin medios técnicos no es detectable, además se puede presentar en las condiciones normales de funcionamiento.

Se debe tener un control permanente (monitorización) de las características del aire ambiental, para que cuando éstas se encuentren cercanas a unos niveles peligrosos para el usuario, se pueda activar una señal que permita al trabajador evitar el riesgo.

2.- Adquisición de equipo de protección personal como guantes protectores especiales con protección al frío (crio-guantes; son guantes aislados de capas múltiples diseñados para suministrar protección a las manos y brazos de los riesgos que se presentan cuando se trabaja con frío extremo, son ligeros, flexibles, durables, limpios, permiten una destreza excelente, son muy cómodos en su uso durante largos períodos; los guantes no deben estar desgastados para evitar que el líquido entre dentro y quemé la piel), mandil, zapatos de seguridad industrial, anteojos de seguridad con protección lateral y equipo autónomo de respiración.

3.- De acuerdo a la NOM-018-STPS se recomienda la revisión del EPP antes, durante y después de su uso; aquellos equipos que en su revisión muestren algún deterioro deben ser reparados o remplazados inmediatamente.

4.- Los cilindros se deben almacenar en algún lugar designado específicamente para ello; y no resguardarlos en la entrada del área del centro de resonancia magnética nuclear. El área de almacenamiento debe cumplir con los siguientes lineamientos:

- Piso nivelado.
- Protección adecuada a la intemperie.
- Paredes resistentes al fuego.
- Alejada de fuentes de calor.

5.- Los recipientes en los que se trasladen las sustancias químicas peligrosas dentro del centro de trabajo deben estar señalizados, de acuerdo a la NOM-018-STPS con el señalamiento que se establece en el capítulo 7.

6.- Identificar los cilindros vacíos con una etiqueta que diga “VACÍO”. Manejar primeras entradas y primeras salidas para un mejor control.

7.- Enganchar los cilindros para evitar el riesgo de caídas y provocar un accidente, para ello se pueden utilizar abrazaderas o estructuras fijas para asegurar adecuadamente los cilindros. Los cilindros se deben colocar en posición vertical, en grupos compactos, enganchándose juntos de tal manera que uno éste en contacto físico con los otros que lo rodean; la caída de uno solo de los cilindros puede provocar un “efecto domino”.

8.- Adquisición de algún equipo de extinción como: niebla de agua o espuma y colocarlo cerca de donde se almacenen el nitrógeno líquido y el helio, para que este accesible en todo momento.

9.- Mantener sin obstáculo las zonas de circulación y de acceso a los equipos de emergencia.

10.- Revisar que las válvulas de los cilindros estén permanentemente protegidas mediante la cápsula protectora de la válvula cuando se encuentren en servicio, incluso cuando se encuentren vacíos.

11.- No transportar los cilindros de helio ni de nitrógeno sin la cápsula protectora de la válvula, ni haciéndolos girar. Cuando se transporten manualmente cilindros que contengan nitrógeno líquido o helio, se deberán transportar en carretillas o grúas de mano especialmente diseñadas para ese propósito. Nunca se deberán rodar los cilindros en el piso, ni usar rodillos.

12.- Colocar en un lugar visible números telefónicos de emergencia.

13.- El personal que maneja los cilindros deberá inspeccionarlos periódicamente por corrosión, roturas, fugas o cualquier otro problema que le indique que el cilindro no se puede utilizar de manera segura. No usar cilindros que tengan algún daño visible, le falten etiquetas o presenten válvulas dañadas.

14.- Hacer una inspección de los cilindros durante la recepción la cual debe consistir en los siguientes puntos:

- Leer detenidamente la información de la etiqueta adherida al cilindro de modo que se pueda identificar el gas y normas básicas de seguridad; la etiqueta es la manera más segura de identificar el producto contenido en el cilindro.
- Revisar cuidadosamente el cilindro en busca de algún daño. La superficie del cilindro debe estar limpia y libre de defectos tales como cortes, golpes fuertes, quemaduras, corrosión, etc. La existencia de alguno de estos defectos inutiliza el cilindro.

15.- No usar gases comprimidos para limpiar la ropa o como ventilación personal.

16.-También se recomienda elaborar un formato que proporcione información de las condiciones de operación con recipientes que contienen líquidos criogénicos, una propuesta de este formato es el siguiente:

 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE RECIPIENTES CRIOGÉNICOS	
Nombre de la Institución	
Actividad a la que se designa el equipo	
Producto a manejar:	
Temperatura de operación	
No de dispositivos de seguridad	
Presión de manejo	
Responsable del equipo:	
Firma	

17.-Se debe tener especial cuidado con el vapor que produce el nitrógeno, pues puede enfriar más rápidamente que el propio líquido.

18.- Evitar el uso de pantalones y puños remangados.

19.- En la utilización de dewars es recomendable tapar bien los recipientes para evitar los derrames. No llenar los dewars más de un 80% y un 60% si la temperatura puede incrementarse bruscamente.

20.- En el caso de un derrame de helio o nitrógeno se recomienda no barrer el derrame y usar niebla. Se debe tener muy presente que el mayor peligro de los derrames es la rápida evaporación del líquido y sus posibles consecuencias.

21.- De acuerdo a la NOM-018-STPS-2000 es necesario comunicar los peligros y los riesgos a todos los colaboradores del centro de trabajo que estén expuestos a las sustancias criogénicas y registrar esa comunicación.

Es importante capacitar y adiestrar al personal en el sistema de identificación y comunicación de peligros y riesgos.

La comunicación sobre los riesgos y peligros debe ser clara, veraz y sencilla en el sistema usado en el centro de trabajo e impartirse a todo el personal académico que tenga contacto con el nitrógeno líquido y helio.

La capacitación debe incluir como mínimo los siguientes puntos (de acuerdo a la NOM-018-STPS-2000):

- Contenido de las Hojas de seguridad.
- Clasificación de los grados de riesgo y tipos de peligro del nitrógeno líquido así como del helio.
- Interpretación de los colores, números, letras y símbolos del sistema de identificación y comunicación de riesgos y peligros.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las visitas realizadas en los centros de trabajo de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se pudo detectar que hace falta implementar las medidas adecuadas de seguridad para la manipulación de nitrógeno líquido y del helio.

Este manual pretende ser de utilidad como material de consulta para aquellas personas que en algún momento tengan que manipular sustancias criogénicas y tengan que revisar las recomendaciones de seguridad básicas para evitar accidentes.

La información presentada sobre el manejo de sustancias criogénicas es una base de conocimientos teóricos que permiten tener una idea de como saber como manipular este tipo de sustancias.

Se logró recopilar la información necesaria sobre sustancias criogénicas más empleadas a nivel industrial como son: el nitrógeno líquido, oxígeno, helio, argón, hidrógeno y dióxido de carbono, a fin de que toda persona que tenga manipular alguna sustancia criogénica, cuente con información inmediata para determinar las medidas preventivas en su lugar de trabajo y reduzca en lo posible futuros accidentes.

Todos los investigadores, trabajadores y estudiantes que tengan que manipular este tipo de sustancias, deben contar con capacitación previa para un manejo y control adecuado de las mismas. Es importante contar con programas de capacitación para minimizar los riesgos y peligros en cualquier centro de trabajo.

Se considera que existe una responsabilidad general para proporcionar seguridad al personal en cualquier centro de trabajo y la comunicación sobre los riesgos y peligros es una parte importante de esta responsabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castillo Carrasco Manuel, “Guía de uso de la criocirugía en atención primaria”, México, Medicina Familiar, 2002 p. 114-122.
2. Flores Larios Luis Manuel, García Ruíz María Cristina Mayela, “Evolución de la seguridad industrial”, Cuautitlán Izcalli, 2001.
3. Gerhartz Wolfgang H.,” Encyclopedia of Industrial Chemistry”, 5a edición (vol. 2), Alemania, ed. Bayle, 1998.
4. Grimaldi, J. Simonds, “La seguridad industrial y su administración”, 2ª edición, Distrito Federal, ed. Alfaomega, 1996.
5. Hund K, Jager “A Generic Exposure Assessment Standard (American Industrial Hygiene Association)”, Estados Unidos, ed. White Paper, November 1994.
6. ONU, “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías peligrosas”, décima quinta edición; Nueva York, Ed. Robinson, 2007.
7. Perry H. Robert,” Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”, 6a ed, Nueva York, ed. Mc Graw-Hill, 1984.
8. NFPA 704 Sistema Estándar para la identificación de Peligros de materiales en la respuesta a emergencias, edición 2001.
9. Marco reglamentario de gestión de las sustancias químicas (REACH), Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, en *Portal de la Unión Europea* (21-1-2008).

10. NOM-CC-13-92 Criterios para la operación de los laboratorios de prueba. Secretaría de Comercio y Fomento industrial, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de junio de 1992. México.
11. NOM 004-STC/1999. Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
12. NOM 005-STC/1999. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
13. NOM-010-STPS-1999. Condiciones de seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
14. NOM-018 STPS-2000 Sistema para la Identificación y Comunicación de peligros y riesgos para sustancias químicas en los centros de trabajo.
15. NOM-102-STPS-1994. Seguridad-Extintores contra incendio a base de Dióxido de Carbono.
16. Norma Chilena 382. Sustancias peligrosas, Terminología y Clasificación General.
17. Fichas de seguridad de nitrógeno líquido. Abelló Linde, S.A de CV, Gases Técnicos 01/06/1999
18. Fichas de datos de seguridad del oxígeno, Electro Óptica S.A de C.V. fecha 06/09/2009.
19. Fichas de datos de seguridad de helio, Electro Óptica, S.A de C.V, México, 07/03/1995

20. Fichas de datos de seguridad de hidrógeno, Electro Óptica, S.A de C.V , México, 14/10/2001
21. Fichas de datos de seguridad de argón, Electro Óptica, S.A de C.V, México, 06/05//2003
22. Fichas de datos de seguridad de dióxido de carbono, Electro Óptica, S.A de C.V, México, septiembre 2006.
23. <http://www10.uniovi.es/Semanacyt2008/experimentando/nitrogeno/riesgos.html> (enero 2009).
24. <http://www.bordercenter.org/pdfs/MexicanOfficialStandardNOM-004-SCT-2000.pdf> (febrero 2009).
25. <http://www.economia.gob.mx/work/normas/noms/kpronoman/p004sct.pdf> (abril 2009).
26. http://www.unirioja.es/servicios/spri/pdf/curso_criogenicos.pdf (abril 2009).
27. <http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/cryogenic/cryogen1.html> (marzo 2009).
28. <http://www.2spi.com.mx/catalog/instruments/liquid-nitrogen-dewars.shtml> (marzo 2009).
29. <http://www.tecnicaindustrial.es/TIAdmin/Numeros/28/35/a35.pdf> (marzo 2009).
30. <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-005.pdf> (junio 2009).
31. <http://www.clinicadam.com/salud/6/17107.html> (junio 2009).
32. http://www.iztacala.unam.mx/www_fesi/proteccioncivil/higieneyseguridad/memorias_emerg_quim (junio 2009).

33. <http://www.fotosearch.es/lushpix/bomberos-apagando-incendio/UNY573/> (octubre 2009).

34. http://www.atsdr.cdc.gov/ES/ES_GLOSSARY.HTML, (noviembre 2009).