



NTP 340: Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes

Risque d'asphyxie par sousoxygenation lors de l'utilisation des gaz inertes
Suffocation risk by underoxygenation when using inert gases

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Francisco Alonso Valle
Ingeniero de Minas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Introducción

Es bien conocida la importancia que desempeña el oxígeno para los seres vivos, importancia tal, que sin su presencia sería imposible la existencia de vida: el ser vivo toma el oxígeno del aire que le rodea, cuya composición, salvo leves oscilaciones, es del 21% de oxígeno, 78,1% de nitrógeno, 0,9% de argón y pequeñas cantidades de otros gases como el anhídrido carbónico, ozono, etc. Toda disminución sobre el citado porcentaje del 21% de oxígeno, da lugar a la aparición de una atmósfera suboxigenada con el consiguiente riesgo para el ser humano, situación que puede considerarse como peligrosa para concentraciones inferiores al 16% y que cuando desciende al 10%, el riesgo de asfixia mortal es casi cierto.

Objetivo

El objetivo planteado en la presente Nota Técnica de Prevención, es llamar la atención sobre los riesgos que la utilización de gases inertes en la industria puede ocasionar, teniendo en cuenta que puede aparecer atmósferas suboxigenadas por desplazamiento del aire, en el caso de producirse escapes, acumulaciones y/o vaporizaciones de gases inertes licuados, en recintos o áreas confinadas, semicerradas, mal ventiladas, etc., y al mismo tiempo dar a conocer las medidas preventivas a tener en cuenta para evitar los accidentes, así como las formas de actuación en el caso de que este se produzca.

Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación es para los denominados gases nobles, helio, neón, argón, criptón y xenón, así como el nitrógeno, que a presiones y temperaturas de utilización no reaccionan con otros materiales.

Aunque el anhídrido carbónico es un gas inerte ampliamente utilizado en la industria, y al que es aplicable la mayor parte de la información de este documento, presenta unos riesgos específicos más complejos que aconsejan el ser tratado individualmente.

No entran en el presente ámbito de aplicación aquellos gases que aunque a temperatura y presión normales son inertes, pueden presentar diversos tipos de reacciones, algunas veces con formación de productos tóxicos, cuando varían las citadas condiciones.

Características que definen la peligrosidad de los gases inertes

Los gases inertes son incoloros, inodoros e insípidos, por lo que su efecto asfixiante al desplazar al aire, se produce sin ningún signo fisiológico preliminar que señale su presencia; en este sentido son por tanto mucho más peligrosos que gases tóxicos como el cloro, amoníaco, etc., de los que basta una pequeña concentración ambiental para que su olor característico y penetrante delaten su presencia.

La simple inhalación de dos bocanadas de un gas inerte basta para perder la consciencia y en muy pocos minutos producir lesiones cerebrales irreversibles o la muerte por asfixia, si no se produce una reanimación inmediata.

En el caso de utilizarse como gas licuado, la equivalencia líquido/gas, es decir el número de litros de gas que la vaporización de un litro de gas licuado produce es muy elevado, pudiéndose citar como ejemplo el caso del nitrógeno, para el cual dicha relación es de 691 litros de gas por litro de gas licuado vaporizado, a una temperatura de 15°C y un bar de presión.

La densidad de alguno de estos gases, como el argón, es mayor que la del aire, lo que favorece la acumulación en lugares donde la ventilación no sea la adecuada o bien se trate de espacios confinados.

A las anteriores características hay que añadir la ambigüedad que la propia expresión "Gas Inerte" puede llevar aparejada y que muchas veces

hace que se le considere un gas de seguridad por las situaciones en las que se puede emplear; tal es el caso de la inertización de depósitos, tanques, etc.

Todo lo anterior conduce a que muchas veces sean considerados como gases carentes de riesgo y que sean tratados sin ninguna prevención específica, lo que conduce a que la accidentalidad producida por los mismos sea la más elevada de entre los gases industriales.

Características físicas, usos, contenedores utilizados y código de colores para los gases inertes

<p>ARGON (Ar)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -122,29 °C • Presión crítica = 48,98 bar • Densidad respecto aire = 1,38 • Equivalencia líquido/gas = 835 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Atmósferas protectoras, hornos de atmósfera controlada, gas de soldadura, fabricación semiconductores, lámparas, cromatografía.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Amarillo Franja: Amarillo</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: botellas con presión de servicio de 200 kg/cm² • Gas licuado: botellones criogénicos y tanques criogénicos
<p>NITRÓGENO (N)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -146,9 °C • Presión crítica = 33,99 bar • Densidad respecto aire = 0,97 • Equivalencia líquido/gas = 691 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Creación de atmósferas inertes, tratamiento térmico, protección tanques, refrigerante en estado líquido, industria química, etc.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Negro Franja: Negro</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: botellas con presión de servicio de 200 kg/cm² • Gas licuado: botellones criogénicos y tanques criogénicos
<p>KRIPTON (Kr)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -63,75 °C • Presión crítica = 55,02 bar • Densidad respecto aire = 2,9 • Equivalencia líquido/gas = 688 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Aislamiento térmico, grabado iónico, atmósfera de protección, láseres excímeros.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Rojo Franja: Azul</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: cartuchos y botellas con presión de servicio de 7 a 110 bares
<p>HELIO (He)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -267,95 °C • Presión crítica = 2,27 bar • Densidad respecto aire = 0,138 • Equivalencia líquido/gas = 748 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Atmósferas protectoras en industria química, soldadura TIG y MIG, refrigerante y detección de fugas.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Marrón Franja: Marrón</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: botellas con presión de servicio de 200 kg/cm² • Gas licuado: botellones criogénicos
<p>XENON (Xe)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -16,58 °C • Presión crítica = 58,04 bar • Densidad respecto aire = 4,56 • Equivalencia líquido/gas = 550 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Lámparas y tubos, radiografía X, detección de radiaciones y partículas, láseres excímeros, grabado iónico.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Azul Franja: Blanca</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: cartuchos y botellas con presión de servicio de 1 a 200 bares
<p>NEON (Ne)</p>	<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura crítica = -228,75 °C • Presión crítica = 27,56 bar • Densidad respecto aire = 0,70 • Equivalencia líquido/gas = 1434 (a 15°C, 1 Bar) <p>USOS DEL GAS:</p> <p>Lámparas y tubos, gas portador en cromatografía, láseres, cámara de destellos.</p> <p>COLOR BOTELLAS:</p> <p>Cuerpo: Negro Ojiva: Naranja Franja: Naranja</p>  <p>CONTENEDORES UTILIZADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas comprimido: cartuchos y botellas con presión de servicio de 11 a 200 bares

Situaciones donde pueden producirse atmósferas suboxigenadas por presencia de un gas inerte

Se indica a continuación una serie de lugares característicos donde se pueden presentar atmósferas suboxigenadas por presencia de gases inertes:

Espacios cerrados o confinados

- Tanques y recipientes dedicados al almacenamiento de gases inertes y a los que se debe acceder periódicamente para inspección.
- Tanques y recipientes inertizados para proceder a reparaciones en su interior.

- Tanques y recipientes en cuyo interior se empleen equipos de reparación que sean fuente de un gas inerte, como por ejemplo la soldadura con arco protegido.
Hay que destacar que la simple introducción de la cabeza por las aperturas de acceso puede ser suficiente para que se produzca el accidente, pues como ya se ha indicado, la inhalación de dos bocanadas de un gas inerte es suficiente para perder la consciencia.
- Galerías subterráneas por las que transcurran conducciones de gases inertes y en las que un escape en las mismas da lugar al desplazamiento del aire. Así mismo, aquellas galerías que se encuentren situadas en las proximidades de depósitos de almacenamiento de gases inertes o puntos de descarga de los mismos, deben de ser objeto de una especial atención por la posibilidad que en ellas se pueda producir una acumulación de gas inerte en el caso de pérdida o fuga, téngase en cuenta que varios gases inertes son más pesados que el aire y que el nitrógeno, cuando procede de la vaporización del estado líquido, es un gas muy frío que desciende a los puntos más bajos.
- Interiores de "cajas frías" de sistemas de licuefacción.
- Almacenes y cámaras frigoríficas.

Espacios semicerrados

- Salas de edificios o locales donde estén presentes congeladores de productos alimentarios con nitrógeno líquido.
- Locales donde se empleen desbarbadores criogénicos.
- Salas de control con paneles de maniobra y/o control con gas inerte.
- Laboratorios donde se utilicen gases inertes.
- Salas de compresores de gases inertes.
- Salas o locales por donde transcurren canalizaciones de gases inertes.
- Almacenes de botellas de gases inertes.

Zanjas, fosos, etc.

Estos espacios, aún situados al aire libre pero bajo nivel, dan lugar a muchos accidentes, al ser puntos clave en los que por su disposición física, se pueden producir acumulaciones de gases inertes más pesados que el aire y que pueden provenir de fugas en instalaciones situadas en su proximidad o bien de conducciones que transcurran a lo largo de los mismos y en los que una ruptura o incluso el trabajo en las mismas puede dar lugar a la aparición de una atmósfera suboxigenada; téngase en cuenta que por ejemplo hoy en día se utilizan conducciones de cables situados en el interior de una envolvente presurizada con nitrógeno y en las que cualquier trabajo que implique un corte de los mismos puede ser ocasión de escape del gas.

Utilización accidental de gas inerte en lugar de aire

En muchas instalaciones es corriente encontrar redes de distribución de gases inertes, como el nitrógeno, empleado para la neutralización y/o purga, simultáneamente a redes de aire comprimido utilizado en accionamiento de muy diversa maquinaria. Cualquier error en la conexión de uno u otro gas, puede dar lugar a crearse atmósferas peligrosas por suboxigenación, máxime teniendo en cuenta que muchas veces la descarga suele producirse "in situ".

Medidas técnicas de prevención

Establecimiento de un "permiso de trabajo" para penetrar en espacios cerrados o confinados

En ciertos trabajos de inspección y/o mantenimiento y en particular para penetrar en el interior de recipientes, deberá ser obligatorio la obtención de un permiso de trabajo, en el que deberá figurar la información e instrucciones a dar al personal antes de iniciarse los trabajos. Particular importancia se le deberá dar cuando los trabajos sean realizados por "contrata".

Aireación de espacios cerrados y confinados

Como primera medida a tomar ante la necesidad de entrar en un espacio cerrado o confinado en el que existe o se sospeche la existencia de una atmósfera suboxigenada, será la ventilación o purga del recinto, debiéndose bloquear previamente las fuentes de gas inerte que accedan al mismo o desconectando las conexiones. En la ventilación a efectuar se introducirá una masa de aire de como mínimo tres veces la del recinto a ventilar, salvo en aquellos gases inertes con una densidad muy superior al aire, en los que se corre el peligro de que el aire aportado en la ventilación se mezcle mal con los mismos y la purga o ventilación resulte incorrecta. En dichos casos se empleará una masa de aire, de como mínimo diez veces la del recinto a ventilar.

Una vez realizada la primera aireación, se deberá analizar la atmósfera del interior, tomándose muestras de distintos puntos con la ayuda de una sonda, o si ello no fuese posible, la toma la efectuara personal adiestrado sirviéndose de equipos de respiración autónoma.

Si tras el análisis de las tomas se determinase no haber conseguido los resultados esperados, se procederá a una nueva aireación y toma de muestras, repitiéndose los anteriores pasos hasta conseguir eliminar los gases inertes.

El sistema de purga o ventilación deberá garantizar una turbulencia adecuada entre el aire y el gas inerte, para evitar la formación de bolsas de gas o un barrido por zonas que conduzca a una purga parcial.

Una buena técnica de ventilación será el situar la extracción en el fondo del recinto.

La ventilación no deberá efectuarse jamás con oxígeno y sí con aire.

Otra forma de evacuación de gases inertes, aplicable según las características del recinto a airear, puede consistir en llenarlo de agua, con lo que se desplazarán los gases inertes de su interior. Al vaciarle, abierto a la atmósfera, se llenará de aire.

Durante las operaciones de trabajo en el interior deberá analizarse la atmósfera, pudiéndose considerar la utilización de controladores de oxígeno individuales, de funcionamiento sencillo y fiables y cuya elección va a depender de factores tales como la presencia de polvo, humedad, temperatura, etc. Sin embargo hay que destacar que el analizador por sí solo no da una garantía absoluta, ya que puede presentar defectos de ajuste, mal lugar de colocación, etc., por lo que sólo se les puede considerar como una ayuda para la detección de atmósferas suboxigenadas. En caso de utilizarse dispondrán de dispositivos de seguridad, tales como por ejemplo, sistemas de alarma ante eventuales fallo o descarga de pilas.

Particular importancia se dará a los trabajos en el interior de recintos, depósitos, etc., cuando se empleen equipos que sean fuente de emisión de gases inertes, como por ejemplo soldadura con arco de protección por gas inerte. En dichos casos la utilización de equipos autónomos de respiración puede ser imprescindible. Así mismo, se tendrá en cuenta durante las paradas en los trabajos, en sacar fuera del recinto los equipos, no bastando con cerrar las válvulas de las fuentes de gas inerte, ya que ante un fallo de las mismas puede dar lugar a la aparición de una atmósfera suboxigenada.

Ventilación de espacios donde los operarios trabajen o entren con regularidad

En aquellos donde se pueda producir una suboxigenación por gas inerte se deberá establecer una ventilación adecuada en función de las dimensiones del local. Dicha ventilación deberá ser continua, asegurando el caudal de aire necesario alrededor de las zonas de trabajo. Como dispositivos auxiliares se dispondrán pilotos de alarma, detectores de caudal en los conductos de aspiración, analizadores de oxígeno, bien colectivos o individuales.

La evacuación de gases inertes se efectuará a través de conductos claramente señalizados y su expulsión a la atmósfera se efectuará dentro de una zona protegida y convenientemente señalizada.

Penetración en fosos, zanjas, etc.

Se deberá tener en cuenta lo indicado para espacios cerrados, analizándose la atmósfera y procediendo a una ventilación adecuada, siempre que se sospeche la existencia de gases inertes.

En el caso de trabajos en conducciones con envolvente inertizada, la obtención de un Permiso de Trabajo será indispensable.

Medidas adicionales para la penetración en espacios cerrados, depósitos, zanjas, fosos, etc.

Mientras que los operarios se encuentren en el interior deberá situarse un vigilante en el exterior, el cual deberá ser convenientemente instruido y adiestrado y con unas funciones claras y bien definidas, así como el disponer de un equipo de respiración autónomo.

La persona que se encuentre en el interior deberá estar equipada con un arnés enganchado a un cable el cual a su vez y según el recinto, estará enganchado a un polipasto exterior, lo cual facilitará la tarea de posible rescate. Así mismo, se dispondrá de un sistema de alarma para caso de emergencia.

Información y formación de los trabajadores

Se prestará especial atención en informar a todo el personal que manipula o utiliza gases inertes, y aquellos que no utilizándolos directamente, presten sus servicios en lugares donde se encuentren dichos gases, sobre:

Riesgo que comporta la disminución de la concentración de oxígeno en la atmósfera.

Medidas preventivas a tomar para evitar la asfixia por suboxigenación.

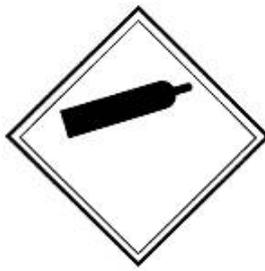
Modo de operar y equipos a utilizar, así como el comportamiento en caso de accidente.

Ejecutar periódicamente ejercicios de rescate ante un accidente.

Señalización

Como complemento a las medidas hasta ahora indicadas se dispondrá una señalización adecuada que comprenda los siguientes puntos:

- Almacenes donde se encuentren gases inertes; se indicará su presencia con el nombre de cada gas almacenado y la siguiente señal:



- Las conducciones atenderán a los colores de caracterización establecidos para las instalaciones industriales.
- Como complemento, en todos aquellos lugares donde exista el riesgo de escape o acumulación de gas inerte, se dispondrán señales de advertencia de peligro, tal como la que se indica a continuación:



Actuación en caso de accidente

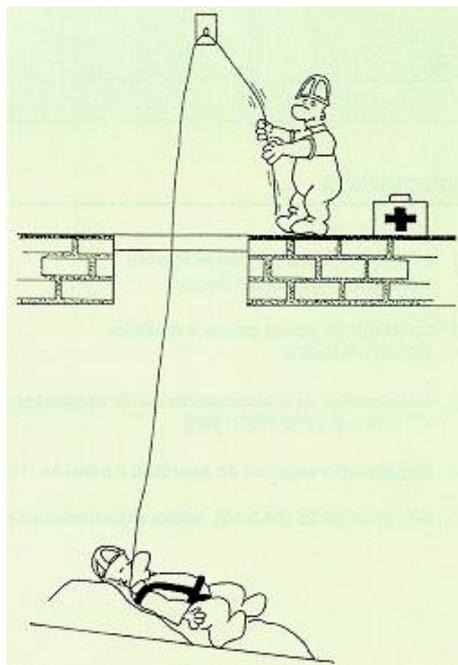
Si una persona desfallece de repente, no dando señales de vida, mientras trabaja en el interior de un espacio confinado, zanja, sala de dimensiones reducidas, etc., piense que se puede deber a la falta de oxígeno como consecuencia de la presencia de un gas inerte. La actuación en este caso no debe de ser precipitada ya que el peligro para la persona que trata de rescatarlo es inminente.

La actuación ante ese caso dependerá de lo siguiente:

1. **Es posible sacar a la víctima al aire libre en pocos minutos sin ayuda suplementaria y sin tener que penetrar en la atmósfera peligrosa.** (Caso en que la víctima está trabajando en el interior de un recipiente y dispone de arnés, cable de izado y aparejo).

Nada más producirse el desfallecimiento, no dejar pasar más de tres minutos, sacar a la víctima, tenderla sobre la espalda y pedir ayuda inmediatamente. En el caso de disponer de un aparato de reanimación, y tanto si la víctima respira como si no lo hace, aplicárselo. Si no se dispone del mismo y la víctima no respira, aplicarle la respiración boca-boca hasta que respire.

Si se ha aplicado el aparato de reanimación, la víctima ha de conservarlo hasta la llegada del equipo de socorro especializado, al cual se le informará sobre la pérdida de conocimiento y la hora en que se ha producido.



2. **Es posible sacar a la víctima al aire libre en pocos minutos, pero es necesario penetrar en la atmósfera peligrosa**

Si fuese posible se pedirá ayuda antes de entrar en la atmósfera peligrosa, lo cual se efectuará solamente con un aparato de respiración autónoma. Colocarse dicho aparato, asegurándose de su buen funcionamiento, saque a la víctima al aire libre y tiéndalo de espalda.

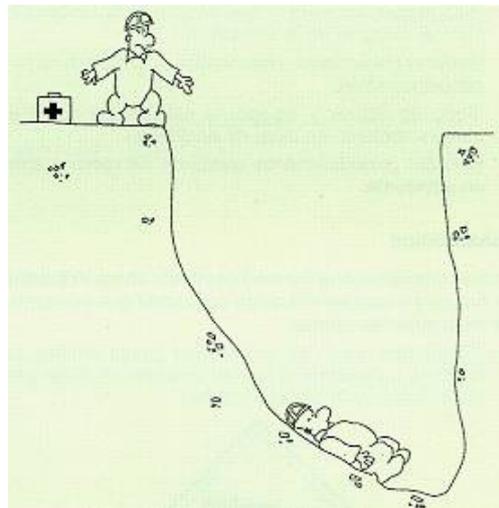
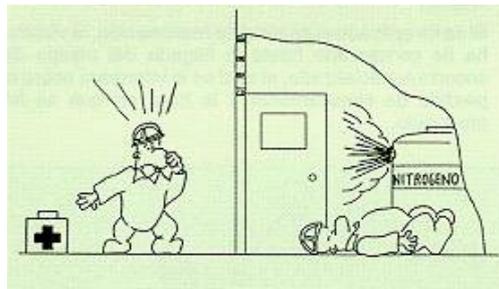
Quítese la máscara de respiración autónoma y proceda como en el primer caso.

3. Es imposible sacar a la víctima al aire libre en pocos minutos sin ayuda suplementaria, siendo además necesario penetrar en la atmósfera peligrosa

Pida ayuda inmediatamente; en el caso de disponer de equipo de respiración autónoma y aparato de reanimación, colóquese el primero asegurándose que funciona correctamente, y acuda inmediatamente al lado de la víctima, al cual se le aplicará el equipo de reanimación en espera de la ayuda solicitada y estando pendiente del tiempo de autonomía del equipo propio de respiración autónoma.

Una vez llegado el personal de ayuda y en el caso de que dispongan también de equipos de respiración autónoma, se sacará entre todos a la víctima. Si dicho personal de ayuda no dispusiera de los citados equipos de respiración autónomos, se podrá tratar de organizar la extracción de la víctima con la ayuda de cuerdas y polea.

En el caso de no disponer de equipo de reanimación, una buena técnica a tener en cuenta sería el hacer respirable el lugar mediante la aportación de grandes cantidades de aire con la ayuda de un gran ventilador, una conducción de aire comprimido o incluso si es posible practicando una abertura en el recipiente.



Bibliografía

(1) **Los peligros de los Gases Inertes**
Sociedad Española de Oxígeno

(2) **Catálogo de gases puros y mezclas**
SEO-ALPHAGAZ

(3) **Reglamento de almacenamiento de productos químicos**
I. T. C. M. I. E. APQ-005 (1993)

(4) **Reglamento español de aparatos a presión** (1979)

(5) **Directiva 92/58 (24.6.92), sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en el trabajo**