



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPORTANCIA DE LOS DETECTORES DE GAS EN LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

LUIS ALBERTO OLIVARES VELÁZQUEZ

ASESOR DE TESIS:

ING. VIRGINIA ARIAS MÁRQUEZ

COATZACOALCOS, VER.

SEPTIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS:

Quisiera dar gracias a Dios y a todos por este logro, el poder culminar con broche de oro mi formación académica, para comenzar a forjar mi carrera profesional.

Agradecer a mi gran motor que son mis hijos Gael y Valeria Olivares, los cuales han sido la razón por la cual decidí no rendirme y seguir adelante, por los cuales no dudare en seguir progresando para ser una razón de orgullo.

Agradecer a mi familia que siempre estuvo conmigo a mi hermana Sandra Olivares, a mi Sr. Padre el Dr. Ricardo Olivares que siempre con una actitud firme estuvo tras de mí, con el que siempre conté con su apoyo y en especial a mi Sra. Madre la Lic. Sandra Luz Velázquez Díaz que nunca dudo de mí que siempre ha estado apoyando y no me ha dejado solo. Mis tíos Sr. Ángel Barillas y Sra. Rubiceliz Velázquez y a mis primos Edgar y Tania varillas por siempre apoyarnos en todo.

Dar las gracias a los maestros que estuvieron en cada momento exigiendo por nuestro bien, Ing. Virginia Arias muchas gracias, por no dejarnos tirar la toalla y brindarme tu amistad incondicionalmente.

A mi asesora y maestra la Ing. Susana Carrasco, por apoyarme en la elaboración de mi tesis gracias por todo el apoyo y asesorías que en el momento que requería del apoyo no se negó.

Y a todos los maestros que aportaron un granito de arena, Dante, Fermín, Menéndez, Fortuni, Juan Antonio Haaz (Q.P.D) gracias a ellos.

A mis amigos y compañeros de carrera Roberto Lopez, Edgar Pena, Fabián Luria, Luis Moreno, Alfonso Cabrera, Bernardo Mirando y Javier Rodríguez con los cuales conviví 4 años y medio y a la fecha seguimos siendo grandes amigos. Como olvidar los viajes y una que otra fuga de clases, quedan muy buenos recuerdos los cuales si me preguntaran volverlos a vivir no lo dudaría.

“No solo no hubiera sido nada sin ustedes, sino con toda la gente que estuvo a mi alrededor desde el comienzo, algunos siguen hasta hoy...

¡Gracias Totales!”

Atte.

Ing. Ind. Luis Alberto Olivares Velázquez

TÍTULO:

**Importancia de los detectores de gas en las
industrias químicas**

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Actualmente se debe encontrar la manera de aumentar la seguridad en las industrias químicas y esto se logrará con herramientas adecuadas como detectores de gas, bajo normatividades que aseguren la capacidad de respuesta eficiente para evitar accidentes.

La ausencia e ineficacia en la elección de un detector de gas, pone en alto riesgo la seguridad de los trabajadores que laboran en las industrias de producción química, así como expone la salud de los seres vivos a los alrededores de la empresa en cuestión.

No contar con detectores de gas, aumenta la probabilidad de accidentes ocasionados por malas manipulaciones de energía, faltas de mantenimiento y deficientes instalaciones.

JUSTIFICACIÓN.

La información que proporcionará éste trabajo de investigación servirá de guía a futuros ingenieros para analizar el contexto de la importancia de elección de herramientas que aseguren la reducción o eliminación de futuros accidentes, en tema de gases tóxicos.

Este trabajo demostrará el potencial de las herramientas de supervisión de gas tóxico, que reduzcan los problemas de exposiciones en los lugares de trabajos industriales.

Esta investigación generará el valor para identificar los índices e informar a los trabajadores de las concentraciones de agentes contaminantes en sus lugares de trabajo.

Contribuye la importancia del cuidado de la seguridad industrial, como una inversión, y reduciendo riesgos de alta peligrosidad y generando la disminución o nullos posibles gastos por riesgos.

Ésta aportación desarrolla la importancia de seguridad no solo en la industria sino tambien a la sociedad en general, para ayudar a un ambiente seguro a cualquier ser humano y los que lo rodean.

La investigación de éste proyecto contribuye al conocimiento sobre la protección de gases tóxicos para la salud de trabajadores en industrias químicas, por lo cual se evitan circunstancias de posibles siniestros.

OBJETIVO GENERAL:

Demostrar la importancia de instalaciones de detectores de gas por medio de Marcos Normativos en materia de Seguridad Industrial en la Industria Química, para minimizar los accidentes de trabajo y mantener un espacio laboral seguro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Mostrar la importancia del control de parametros de los gases químicos en la industria.
- Determinar tipos de detectores con mayor confiabilidad en base a las normas de seguridad.
- Costos aproximados y beneficios

HIPÓTESIS:

Una elección e instalación adecuada de sensores para detectar gases tóxicos bajo Normas en Materia de Seguridad Industrial redituará en una mayor confiabilidad para los trabajadores en las industrial químicas.

| ÍNDICE | PÁG. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN. | 1 |
| CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVIDAD | 2 |
| 1.1 DIFERENCIA DE GAS Y VAPOR. | 3 |
| 1.2 SENSORES PARA MEDICION DE GASES TÓXICOS. | 8 |
| 1.3 VALOR DE LOS DETECTORES EN MARCO DE SEGURIDAD. | 19 |
| 1.4 TIPOS DE GASES PELIGROSOS. | 25 |
| 1.5 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN DETECTORES DE GAS. | 36 |
| 1.6 NORMAS. | 42 |
| CAPÍTULO II. DAÑOS A LA SALUD | 50 |
| 2.1 DATOS DE INDICES DE ACCIDENTES EN INDUSTRIAS. | 51 |
| 2.2 EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN. | 55 |
| 2.3 DETECTOR DE GAS EN ESPACIO CONFINADO. | 63 |
| 2.4 MEDIDORES DE GAS PARA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. | 69 |
| CAPÍTULO III. IMPORTANCIA DE ELECCIÓN DE SENSORES. | 72 |
| 3.1 BASES PARA ELECCIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN. | 73 |
| 3.2 CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS. | 79 |
| 3.3 IMPORTANCIA DE LA INSTALACIÓN. | 81 |
| 3.4 UBICACIÓN CORRECTA DE LOS DETECTORES. | 83 |
| 3.5 CALIBRACIÓN DETECTORES DE GASES. | 94 |
| CAPÍTULO IV. BENEFICIOS DE INVERSIÓN EN LA SEGURIDAD LABORAL | 97 |
| 4.1 CARACTERÍSTICAS DE SENSORES DE MAYORES NIVELES DE SEGURIDAD. | 98 |
| 4.2 COSTOS APRÓXIMADOS DE SENSORES DE GAS. | 104 |
| 4.3 BENEFICIOS DE INVERTIR EN SENSORES DE GAS EN LA INDUSTRIA. | 106 |
| CONCLUSION. | 108 |
| BIBLIOGRAFÍA. | 109 |

INTRODUCCIÓN.

La intención de este proyecto es recordar puntualmente las precauciones en la utilización de gases en la industria química.

Es por ello que la importancia radica en detectar los niveles que se pueden permitir, cuando se utilicen gases contaminantes.

Es de gran valor tener conocimiento entre la diferencia de un gas y un vapor, así como conocer los tipos de gases peligrosos, y que existen en el mercado de seguridad industrial una amplia gama de mecanismos de sensores para la detección de gases.

Reconocer las nuevas tendencias tecnológicas de detectores de gas, es vital en la actualización no solo de ingenieros, sino de las personas en general, es vital cuidar la seguridad mediante sistemas tecnológicos que sustenten un buen ámbito de salud a los trabajadores y población en general.

Las normas que aplican son relevantes para cuidar la salud y estabilidad de los trabajadores.

Se realiza una verificación de datos fidedignos sobre accidentes en las industrias, para dejar en claro la necesidad de sensores de gases, así como detectores en espacios confinados, todo esto para puntualizar la necesidad de estos sistemas tecnológicos en la prevención de riesgos laborales.

Este trabajo deja en claro la elección de sensores, así como la importancia de la instalación, de acuerdo a la elección del equipo, y a una correcta instalación de acuerdo al tipo de sensor de gas, así como la importancia de la calibración para su confiabilidad en los datos.

La inversión de sensores de gases, en general trata la importancia de la seguridad laboral sobre la salud y vida estable de los trabajadores en la industria, y cada vez avanza mayormente la investigación tecnológica para ofrecer los mayores beneficios que aseguren una estabilidad con mayores niveles de seguridad.

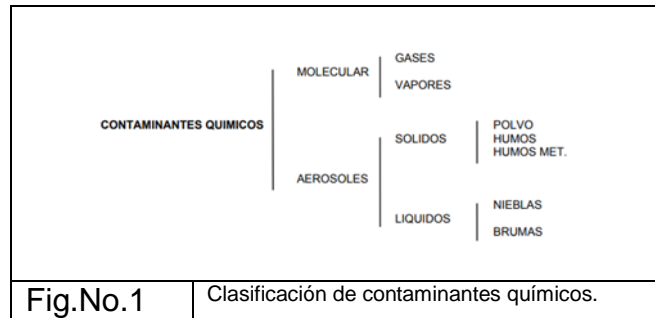
CAPITULO UNO
MARCO TEÓRICO Y NORMATIVIDAD

1.1 DIFERENCIA DE GAS Y VAPOR.

De los tres grandes grupos de contaminantes que existen, químicos, físicos y biológicos, es el primero de ellos el de mayor importancia debido al gran número de compuestos que se emplean en los procesos industriales, y a la diversidad de efectos que, bien individualmente o en mezclas, pueden originar.

Como contaminante químico se define a toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que, durante su fabricación, manejo, uso, transporte, almacenamiento puede incorporarse al aire en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

Hay clasificaciones de los contaminantes por la forma de presentarse, como lo muestra la siguiente Figura No. 1



Entre los contaminantes químicos importantes se encuentran el gas y el vapor que se definen para caracterizarlos de la siguiente manera.

- Gases: Son sustancias que, a temperatura y presión ambientales normales, (25°C y 760 mm Hg) se encuentran en estado gaseoso.
- Vapor: Es la fase gaseosa de una sustancia que en condiciones normales se encuentra en estado sólido o líquido.

Los gases y vapores inflamables y tóxicos se pueden producir y estar de manera presente en muchos y distintos ámbitos del trabajo.

A un estado de la materia con una temperatura superior a su punto de ebullición se le denomina gas. En relación con el entorno de las personas (condiciones normales) cualquier sustancia que tiene un punto de ebullición inferior a 20° C a presión normal es un gas.

El gas de menor peso es el hidrógeno (H_2 , 14 veces más ligero que el aire), el gas más pesado es el hexafluoruro de tungsteno (WF_6 , aprox. diez veces más pesado que el aire). En condiciones normales 1 cm^3 de gas contiene unas $30 \cdot 10^{18}$ moléculas, la distancia media entre ellas es solamente de tres nanómetros.

Estas moléculas colisionan constantemente entre ellas de forma aleatoria, en un movimiento macroscópicamente medible como la propia temperatura del gas, así como la presión del mismo o su extensión en cuanto a volumen.

A una presión constante, el volumen de gas cambia proporcionalmente a su temperatura, por ejemplo, expande a ser calentado.

A un volumen constante de gas, la presión del gas cambia proporcionalmente a su temperatura, por ejemplo, la presión interna de un recipiente cerrado aumenta cuando se calienta.

A temperatura constante la presión de gas cambia proporcionalmente a su volumen, por ejemplo, la presión aumenta cuando se comprime el gas.

También, el movimiento aleatorio extremadamente rápido de las moléculas de gas es la razón por la que los gases se mezclan rápidamente y nunca se separan uno de otro.

El movimiento de las moléculas en dirección de baja concentración (difusión), está basado en estas características moleculares y juegan un papel esencial en los principios de medición de los detectores de gas.

Comúnmente los procesos de difusión son más rápidos, cuanto más rápido se mueven las moléculas (más caliente es el gas) y más bajo es el peso molecular.

Existe diferencia entre vapor y gas; y es que, en oposición a los gases, pueden existir solamente de 200 a 300, el término apropiado para el estado gaseoso de la materia por debajo de su punto de ebullición es vapor.

En general el vapor existe en un equilibrio con su fase líquida y condensa o evapora dependiendo de su temperatura. Este comportamiento se conoce muy bien en el agua, un enfriamiento del aire húmedo durante la noche causa niebla (condensación), mientras que el calor del sol de la mañana, disuelve nuevamente la niebla (evaporación.).

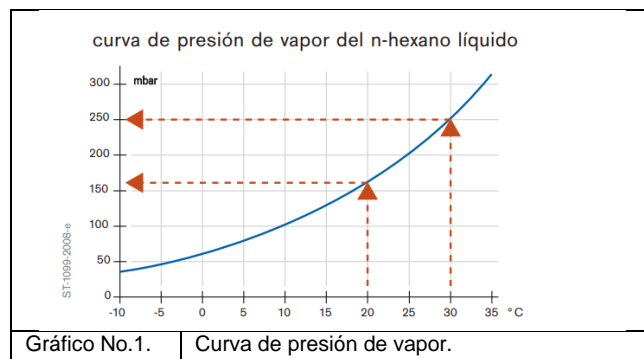
En un recipiente cerrado, la concentración máxima posible de vapor se forma encima de la superficie de un líquido. Esta concentración de vapor depende de la temperatura del líquido.

En una vista macroscópica, el vapor es generado por el movimiento aleatorio de las moléculas del líquido y su capacidad de sobreponerse a la tensión de superficie y mezclarse con las moléculas de aire de encima.

Cada líquido tiene una cierta presión de vapor característica que solo depende de la temperatura del líquido y esta presión es igual a la presión atmosférica cuando su temperatura alcanza el punto de ebullición.

Dividiendo la presión de vapor máxima posible por la presión ambiente da como resultado la llamada concentración de saturación en VOL%, por ejemplo, para n-hexano a 20°C (presión de vapor 162 mbar) a una presión ambiente de 1000 mbar, la concentración máxima posible de n-hexano es 16,2 Vol.%.

El Gráfico No. 1 muestra esta correlación que se conoce como la curva de presión de vapor, que hace posible determinar la concentración máxima posible de vapor a una determinada temperatura.



Disminuyendo su peso específico continuamente, nuestra atmósfera se extiende hasta lo más profundo del espacio.

El color azul del cielo es causado por la dispersión de la luz solar en las moléculas de aire (principalmente nitrógeno y oxígeno), pero a una altura de 21 km el cielo es negro. Comprimiendo toda la atmósfera a una presión constante de aproximadamente 1 bar, su altura sería de 8 km y la capa de ozono estratosférica que absorbe los rayos ultravioletas tendría solamente un grosor de 3 mm.

La Tabla No.1; muestra la composición habitual de la atmósfera terrestre en p.p.m.

| Gas | Composición | |
|---|--|-----------------|
| | seco | húmedo |
| Gases principales | | |
| N ₂ - nitrógeno | 780 840 | 768 543 |
| O ₂ - oxígeno | 209 450 | 206 152 |
| H ₂ O - vapor de agua | 0 | 15 748 |
| Ar - argon | 9 340 | 9 193 |
| CO ₂ - dióxido de carbono | 340 | 335 |
| Oligogases | | |
| Ne - neón | 18 | 18 |
| He - helio | 5 | 5 |
| CH ₄ - metano | 1.8 | 1.8 |
| Kr - criptón | 1.1 | 1.1 |
| H ₂ - hidrógeno | 0.5 | 0.5 |
| N ₂ O - óxido nitroso | 0.3 | 0.3 |
| CO - monóxido de carbono | 0.09 | 0.09 |
| Xe - xenón | 0.09 | 0.09 |
| O ₃ - ozono | 0.07 | 0.07 |
| otros oligogases | 3.05 | 3.0 |
| en total | 1000 000 | 1000 000 |
| 1 Vol% = 10 000 ppm (= partes por millón); suposición: humedad relativa 68 % RH a 20 °C | | |
| Tabla No. 1. | Composición habitual de la atmósfera terrestre en ppm. | |

La masa de la atmósfera de la tierra consiste en más de 5 000 trillones de toneladas ($5.235 \cdot 10^{18}$ kg) presionando sobre la superficie de la tierra de 500 trillones de metros cuadrados ($0.507 \cdot 10^{15}$ m²). Esta es la razón por lo que tenemos una presión atmosférica de 10 325 kg/m², o, más familiarmente: 1 013 mbar.

La presión atmosférica está ligada a las lecturas de las presiones parciales de los gases en los indicadores, como se muestra en la Tabla No.2.

| Altura | Presión | Altura | Presión |
|-------------|---|--------|----------|
| -1000 m | 1148 mbar | 2000 m | 795 mbar |
| - 500 m | 1078 mbar | 3000 m | 701 mbar |
| 0 m | 1013 mbar | 4000 m | 616 mbar |
| 500 m | 952 mbar | 5000 m | 540 mbar |
| 1000 m | 900 mbar | 6000 m | 472 mbar |
| 1500 m | 840 mbar | 8000 m | 356 mbar |
| Tabla No. 2 | Relación de aumento de altura y disminución de presión atmosférica. | | |

Puesto que hay menos moléculas en un determinado volumen a menos presión atmosférica, la señal de detectores de gas de presión parcial siempre depende de la presión atmosférica.

Mientras que el nitrógeno, con más del 78 Vol% es el gas principal de nuestra atmósfera, es completamente inerte (a pesar de su exceso no puede ni siquiera ser utilizado en este estado gaseoso por las plantas como un fertilizante muy necesario), el oxígeno es muy reactivo y es la base de nuestra respiración y existencia, más aún; la base de la vida de casi cada ser vivo.

Hay casi un 21% de oxígeno en nuestra atmósfera. La falta de oxígeno es peligrosa para la vida y no puede ser detectada por nuestro olfato.

En general la falta de oxígeno es causada por la emisión de gases inertes que desplazan el oxígeno. Puesto que aproximadamente una quinta parte de nuestra atmósfera es oxígeno, la concentración del mismo solamente se reduce por una quinta parte de la concentración del gas inerte.

Si por ejemplo se emite un 10 Vol% de helio a la atmósfera la concentración de oxígeno disminuye un 2 Vol% mientras que la concentración de nitrógeno se reduce en un 8% Vol%. El uso industrial de nitrógeno líquido (-196°C) en grandes cantidades puede causar una falta de oxígeno peligrosa debido a fugas y repentina evaporación de nitrógeno.

Las concentraciones de oxígeno mayores (por ejemplo, más del 25 Vol%) no pueden ser detectadas por las personas, pero tienen graves consecuencias con respecto a las características de inflamabilidad de los materiales, e incluso pueden causar autoignición.

Esta es la razón por la que las medidas de protección contra explosiones solo están relacionadas con la concentración atmosférica de oxígeno, como se muestra en la Tabla No. 3.

| ¿Cuándo es peligroso? | | |
|--------------------------------------|--|--|
| Oxígeno- concentración en Vol% | Oxígeno- presión parcial en mbar | Síntomas |
| menos de 17 | menos de 170 | tendencia de peligro por falta de oxígeno |
| 11 a 14 | 110 a 140 | disminución imperceptible de la capacidad física y mental |
| 8 a 11 | 80 a 110 | posibilidad de inconsciencia repentina sin aviso después de un cierto tiempo de exposición |
| 6 a 8 | 60 a 80 | pérdida de conciencia en unos pocos minutos, reanima- ción posible si se realiza inmediatamente |
| menos de 6 | menos de 60 | pérdida repentina de conciencia |

Tabla No.3 Concentraciones de peligrosidad del oxígeno.

La tabla No. 3, explica que cuando la concentración es inferior a 17 Vol%, se presenta una tendencia de peligro por la falta del propio oxígeno.

En el intervalo de 11 a 14 Vol%, aparece una disminución imperceptible de la capacidad física y mental.

Entre 8 y 11 Vol% se presenta una alta posibilidad de inconsciencia repentina sin aviso después de un cierto tiempo de exposición.

Entre 6 y 8 Vol%, la pérdida de la conciencia se presenta en pocos minutos, y existe una posibilidad de reanimación si ésta se practica de forma inmediata. Por debajo de 6 Vol%, la pérdida de la conciencia es inmediata y provoca la muerte.

1.2 SENSORES PARA MEDICION DE GASES TÓXICOS.

Los sensores para la detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada.

Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos.

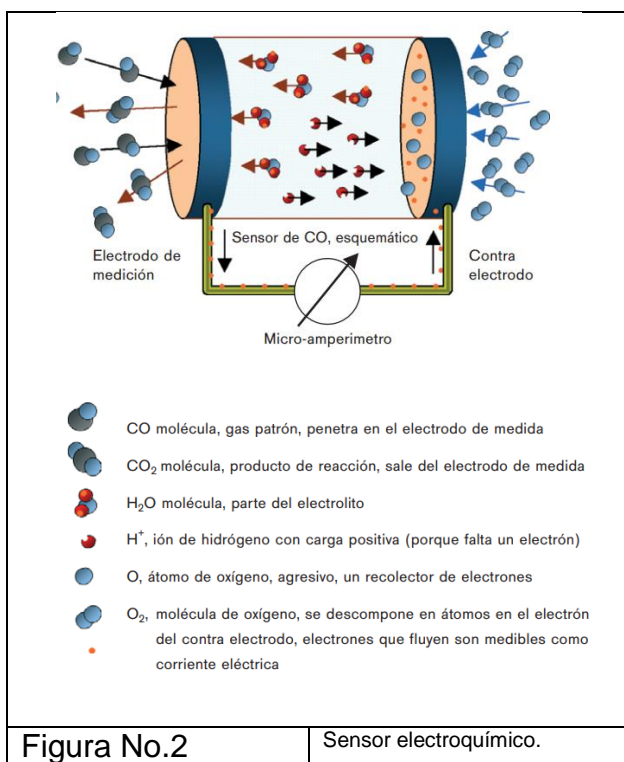
Principio de medición de los sensores electroquímicos:

Muchos gases tóxicos también son muy reactivos y en condiciones adecuadas cambian con reacciones químicas. El sensor electroquímico es un micro-reactor, que con la presencia de gases reactivos produce electrones exactamente como una batería. El flujo de electrones es una corriente eléctrica muy baja, pero medible.

La Figura No. 2 describe cómo actúa un sensor electroquímico; consiste como mínimo dos electrodos (electrodo de medida y contra electrodo) que tienen contacto eléctrico de dos maneras diferentes:

Por un lado, vía un medio eléctricamente conductivo llamado electrolito (un líquido pastoso para transportar iones).

Por otro parte, vía un circuito de corriente eléctrica externo (un simple cable de cobre para transportar electrones).



Los electrodos están fabricados de un material especial que también tiene características catalíticas haciendo posibles reacciones químicas en la llamada zona de 3 fases, donde hay presencia de gas, catalizador sólido y electrolito líquido.

El recolector de electrones oxígeno necesario para esta reacción proviene del aire ambiente. Se conocen más recolectores de electrones, por ejemplo, cloro, flúor, ozono o dióxido de nitrógeno. Así la corriente de los sensores utilizados para estos gases fluye en dirección invertida. La corriente se puede medir con un micro-amperímetro.

Los sensores electroquímicos necesitan muy poca energía, por eso pueden funcionar en seguridad intrínseca.

Principio de medición sensor catalítico de perla:

Bajo ciertas circunstancias los gases y vapores inflamables se pueden oxidar mediante el oxígeno del aire para liberar calor de la reacción. Normalmente esto se consigue por un material catalizador especial y adecuadamente calentado, que aumenta ligeramente su temperatura por el calor de la reacción.

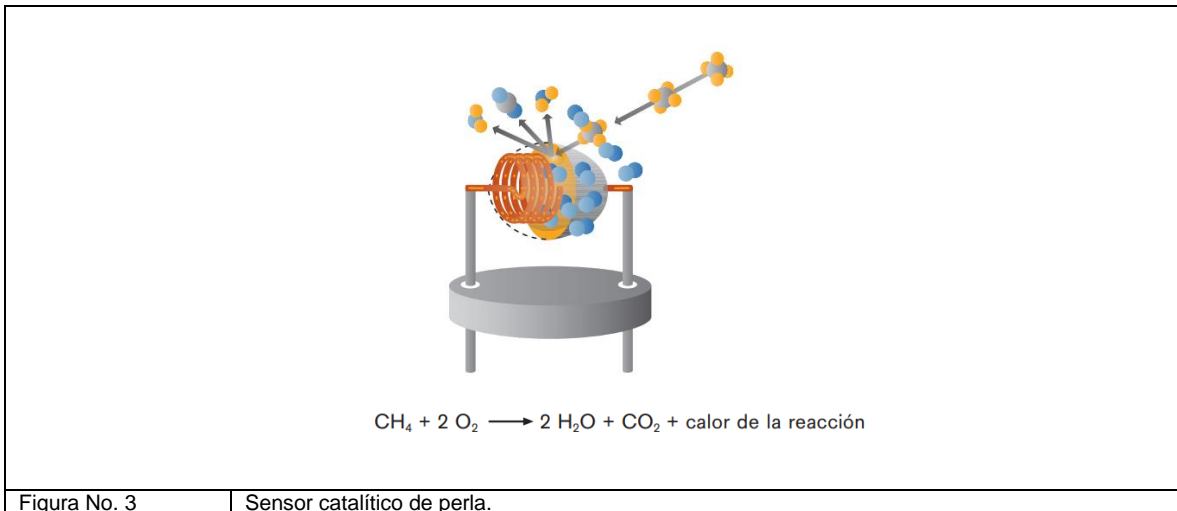
Este aumento de temperatura es una medida para la concentración de gas.

Los llamados pellistores son perlas cerámicas minúsculas y muy porosas (diámetro aprox. 1 mm) rodeando una pequeña bobina de hilo de platino.

Hay una corriente eléctrica fluyendo a través de la bobina de platino de tal manera que el pellistor se calienta a unos cientos de grados Celsius.

Si la perla cerámica contiene un material catalizador adecuado, la temperatura del pellistor aumentará con la presencia de gas inflamable, y por consiguiente la resistencia de la bobina del hilo de platino aumentará.

Este cambio en la resistencia con respecto a la resistencia en aire limpio se utiliza para la evaluación electrónica.



La Figura No. 3, explica que por medio del oxígeno del aire que es absorbido por el material poroso y activado por el catalizador, el metano gaseoso es oxidado en el pellistor caliente. Además de vapor de agua y dióxido de carbono se puede medir el calor de la reacción.

Para eliminar influencias por cambios de la temperatura ambiente, se utiliza un segundo pellistor, que es muy similar pero que no reacciona al gas, porque el pellistor no contiene el material catalizador o está inhibido de cualquier otra manera.

Integrando los dos pellistores en un circuito de puente Wheatstone tiene como resultado un sensor para la medición de concentración de gases inflamables, en gran medida independiente de la temperatura ambiente.

Principio de medición sensor catalítico de perla encapsulación antideflagrante:

Un pellistor solo, no es adecuado para la detección de gases y vapores inflamables. Hace falta un segundo para compensar los parámetros ambientales (especialmente temperatura y humedad). Y debe estar protegido contra explosiones.

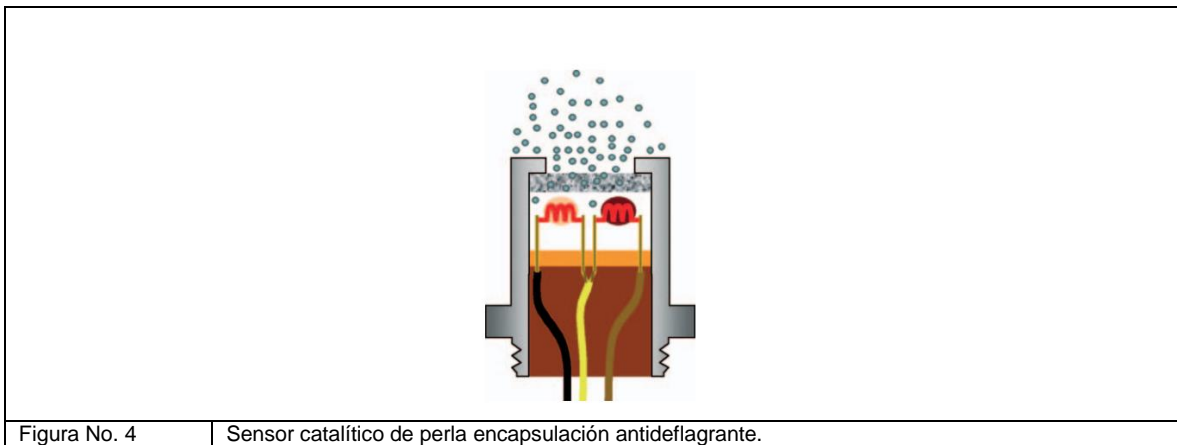
Mediante una carcasa antideflagrante y un disco sinterizado resulta un sensor de perlas catalíticas útil.

El pellistor compensador está fabricado de manera muy similar al pellistor activo, pero no contiene material catalizador para que no pueda oxidar.

Si la temperatura ambiente cambia, las resistencias de ambos pellistores cambiarán y no hay señal puente. Sin embargo, si hay presencia de gas, solo la resistencia del pellistor activo cambia y el puente Wheatstone se desequilibra.

Ya que los pellistores del sensor de perla catalítica son calentados hasta unos 450 °C, puede funcionar como una fuente de ignición si el LEL es sobrepasado y la temperatura de ignición del gas es inferior a 450 °C.

Mediante un disco sinterizado se evita lo siguiente: Si en el interior del sensor de perla catalítica se produce una ignición, la carcasa del sensor resistirá la presión de la explosión y la llama es enfriada por debajo de la temperatura de ignición del gas, y ninguna llama pasa al exterior.



La Figura No. 4 describe el pellistor activo y el compensador que son colocados en una carcasa encapsulada a prueba de llamas. El gas penetra a través del disco sinterizado al interior del sensor donde es oxidado por el pellistor activo.

Estas son las características de la llamada encapsulación antideflagrante.

Los sensores de perla catalítica funcionan con un circuito electrónico llamado puente Wheatstone, que es adecuado para convertir cambios de resistencia muy pequeños en voltajes medibles.

Si la segunda mitad del puente Wheatstone es colocado en la unidad de control, el sensor de perla catalítica puede ser conectado a las unidades de control mediante cables muy largos. Sin embargo, son cortos cuando el sensor es instalado en un transmisor.

Principio de medición de sensor infrarrojo:

Considerando el amplio margen de gases y vapores inflamables, uno se da cuenta que la mayoría de estas sustancias son compuestos químicos que principalmente consisten en carbono, hidrógeno, oxígeno, y a veces nitrógeno.

Estos compuestos orgánicos se denominan hidrocarburos. Los hidrocarburos tienen propiedades especiales que pueden ser usados para la medición por infrarrojos de su concentración.

Todos los gases absorben radiación de una manera característica, algunos incluso en el rango visible (0.4 a 0.8 micrómetros). Esto es por lo que el cloro es verde-amarillo, el dióxido de bromo y el de nitrógeno son marrón-rojo, el yodo es violeta, etc. Sin embargo, estos colores solo se pueden ver en concentraciones muy altas y letales.

Los hidrocarburos absorben radiación a un rango determinado de longitud de onda, aprox. de 3.3 a 3.5 micrómetros, y, puesto que el oxígeno, el nitrógeno y el argón no absorben, esto puede ser usado para la medición de concentración de hidrocarburos en aire.

Un sistema óptico conteniendo una mezcla de por ejemplo metano o propano en aire atenuará una intensidad de infrarrojo entrante de una manera predecible, y para un gas dado esta atenuación depende solamente de su concentración.

Actuando de la siguiente manera:

- a) Aire: los infrarrojos pasan sin ser atenuados, no hay intensidad reducida, no hay señal de medida.

- b) Gas: los infrarrojos pasan atenuados, intensidad reducida, la señal de medida corresponde a la concentración de gas actual.

Este principio de fotómetro es la base de un equipo de medición por infrarrojos. La correlación de reducción de intensidad medida por un lado y la concentración de gas en el sistema óptico por otro, es realizada por el proceso de calibración: una concentración de gas definida siempre provoca la misma reducción de intensidad y en consecuencia siempre la misma señal de medida.

La mayoría de los gases y vapores inflamables son hidrocarburos que casi siempre son detectables por su característica absorción de infrarrojos

Transmisores infrarrojos:

El principio de medición es sencillo: los hidrocarburos absorben la radiación de infrarrojos (IR) en el rango de longitud de ondas de 3.3 a 3.5 micrómetros (μm), más o menos, dependiendo del espectro de absorción del gas en cuestión.

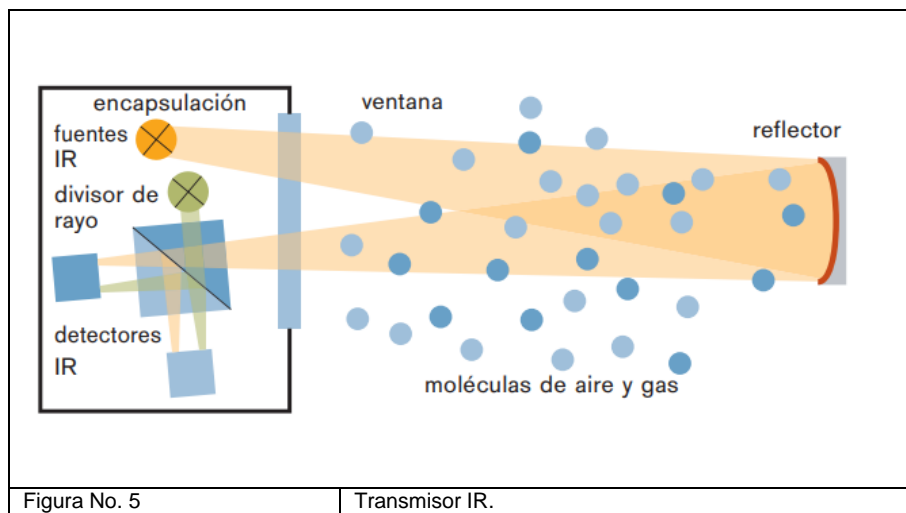
Sin embargo, la atenuación de la radiación infrarroja es muy pequeña y un reto con respecto a la técnica de medición. Y, desafortunadamente, la reducción de la intensidad también puede ocurrir por otras circunstancias, por ejemplo, por óptica contaminada o reducción de la intensidad de la fuente de radiación de infrarrojos.

La fuente de radiación de un sensor por infrarrojo es una lámpara de filamentos parpadeante, activada con bajo voltaje, teniendo un alto porcentaje de infrarrojos. Atravesando una ventana IR transparente esta radiación es dividida en dos partes mediante un divisor de rayos, una parte para el detector de medida, otra parte para el detector de referencia.

Un detector consiste en un cristal piroeléctrico encapsulado que convierte la energía de la radiación recibida en un voltaje medible.

Sin embargo, los detectores son diferentes debido a sus filtros de interferencia óptica: el cristal del detector de medida solo recibe por ejemplo radiación de $3.4\ \mu\text{m}$, y el detector de referencia de por ejemplo $4.0\ \mu\text{m}$ de longitud de onda.

Los gases generalmente no absorben a $4.0\ \mu\text{m}$. Así si ambos detectores detectan una energía de radiación reducida, por medio del detector de referencia es posible hacer que en cierto grado la medición no se vea afectada por la contaminación de la óptica e incluso automáticamente solicite mantenimiento preventivo.



La figura 5, muestra los transmisores con sensores IR de este tipo. La señal de medición de ambos detectores está condicionada en consecuencia y finalmente está disponible como una señal de 4 a 20-mA en la salida del transmisor.

Debido a su larga vida los transmisores IR son preferidos en la medición industrial. A lo contrario que los sensores electroquímicos y de perla catalítica los detectores de sensores IR no entran contacto con los gases a detectar.

Mientras que no haya condensación – y esto se inhibe mediante superficies calentadas – los transmisores IR funcionan tan bien que se les encuentra cada vez más en procesos de aplicaciones industriales.

Sensores de difusión controlada:

La alta velocidad de las moléculas de gas es la causa de que los gases se expandan rápidamente y también se mezclen rápidamente con otros gases y no se vuelvan a separar nunca. Mientras que haya diferencias de concentración en la mezcla completa el proceso de mezcla es incompleto y no finaliza.

Esta diferencia de concentración también puede actuar como una micro-bomba; si la diferencia de concentración se mantiene constante habrá un flujo continuo de moléculas en la dirección de la concentración más baja – y este efecto es utilizado para los sensores en la tecnología de detección de gas, los llamados sensores de difusión controlada.

Así que con el sensor de perla catalítica y el sensor electroquímico el gas patrón es consumido por la reacción química, directamente en el lugar de la reacción tenemos una concentración de gas cercana a cero, mucho menos entonces en la zona, produciendo una zona de reducción. Así hay una diferencia de concentración forzada y las moléculas de gas fluyen en la zona de reacción del sensor.

En tanto que el gas llega al sensor mediante convección natural, la penetración al interior del sensor vía disco sinterizado o filtro de polvo es un proceso de difusión controlada, porque los poros contienen aire en calma donde no se produce ninguna convección.

Detectores de barrera:

Un sensor de infrarrojos con barrera óptica extendida varias veces, sería un sistema de detección de gases con barrera: las moléculas de gas que penetran en esta barrera causarían una absorción IR medible.

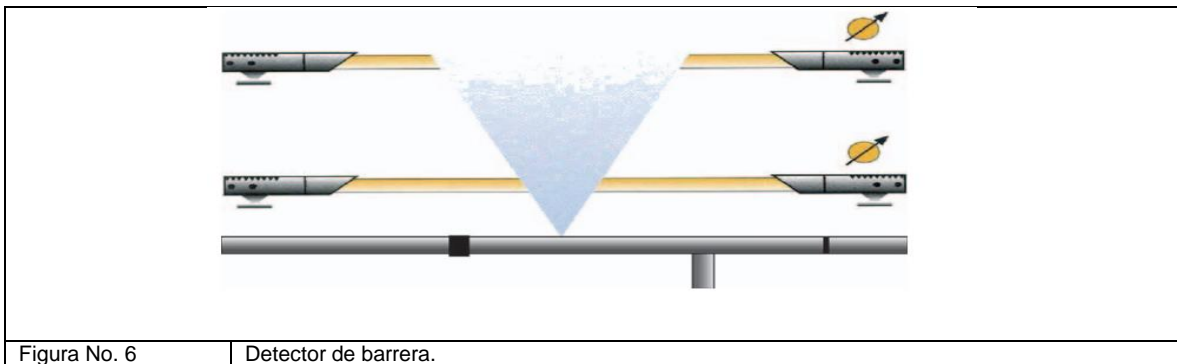
Sistemas de detección de gases como este son algo como una barrera de luz para moléculas de gas, válido para longitudes de barreras de hasta 200 metros.

No se puede diferenciar si hay una concentración de gas alta a lo largo de una pequeña parte de la barrera o la mitad de la concentración a largo de dos veces el

largo de la barrera: en ambos casos la señal de medida es la misma, porque cada molécula absorbente en la barrera contribuye a la señal de medida, independientemente de su distribución.

Sin embargo, en aplicaciones especiales la probabilidad de que la nube de gas derive a través de la barrera es mayor que sea detectada por un detector puntual.

En términos de seguridad: uno abandona la medición de concentración habitual en aras de una mayor probabilidad de detección.



La nube de gas está en el camino del haz hay una señal de medición, independientemente de la dilución en aire. Podemos decir que una barrera es un contador de moléculas independientemente de su distancia.

El detector de barrera (figura numero 6), es muy fiable indicador del peligro del gas que un equipo de medición de concentración. En aplicaciones con un alto riesgo de escapes de gas (por ejemplo, exploración de gas natural) la información “presencia de gas” se considera suficiente para activar contramedidas de seguridad relevantes.

Detectores de barrera; Transmisores 4 a 20 mA:

Un sensor solo no es suficiente para la detección de gases, las señales del sensor deben ser condicionadas electrónicamente (algunos de temperatura compensada), mostradas localmente en display (para calibración), rangos de medida configurados y para todo esto es necesaria energía.

Se ha aceptado mundialmente que los transmisores de detectores de gas funcionan a 24 V DC, y este voltaje puede variar dentro de unos límites amplios, por ejemplo, entre 16 y 30 voltios.

La electrónica del transmisor convierte la señal del sensor en una corriente de salida, así con aire limpio (punto cero) en el sensor una corriente de 4 mA fluye a la unidad de control, mientras que es 20 mA con deflexión a escala entera.

Si está cortado el cable entre transmisor y unidad de control, no hay corriente (la corriente es de 0 mA), y la unidad de control reconocerá esta condición, activando una alarma de fallo.

Es más, señales inferiores a 3.8 mA o superiores a 20.5 mA no son interpretadas como una señal de medición sino como señales especiales para indicar bajo rango (valores de medición negativos) o sobre rango, y también señales especiales de mantenimiento.

La señal de 4 a 20 mA está aceptada mundialmente como un estándar industrial que, en contrario a las señales de voltaje, no dependen de la resistencia de cable, que tiene baja impedancia (resistencia) y es relativamente inmune a interferencias electromagnéticas.

Transmisores con sensores electroquímicos tienen un consumo de potencia tan bajo que funcionan incluso con menos de 4 mA, y pueden extraer, dependiendo de la concentración de gas, una corriente adicional de 4 a 20 mA de la fuente de suministro: solo se necesitan dos cables para el suministro eléctrico y la señal de medida.

Sin embargo, transmisores con sensores de perla catalítica o sensores de infrarrojo tienen un consumo de potencia mayor y requieren 3 cables para suministro de energía y señal.

1.3 VALOR DE LOS DETECTORES EN MARCO DE SEGURIDAD.

Uno de los riesgos a evaluar son los provenientes del riesgo a la exposición a productos químicos. La legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales obliga, en general, a realizar mediciones de los contaminantes.

Esta legislación, aunque redactada para un ámbito industrial, es de aplicación al ámbito universal.

Cualquier método de evaluación del riesgo químico simplificado, aplicado ya sea a un producto o a la realización de una tarea, implica la consideración simultánea del peligro intrínseco de la sustancia y del nivel de exposición al que dé lugar.

La parte común, entre las zonas de peligro y la de desarrollo de tareas por parte del trabajador es la que conduce a la situación peligrosa o a la exposición cuyo riesgo estará en función directa de la intensidad y duración de ésta, de ahí el valor de los detectores

Existen dos métodos simplificados que merecen especial atención: uno basado en el del Health and Safety Executive (HSE) del Reino Unido, denominado *COSHH Essentials* y el del Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) de Francia.

El primero está descrito en la Guía práctica de la Comisión Europea para la Directiva sobre agentes químicos y en la NTP 750 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

En lo que respecta al INRS, este organismo ha desarrollado una metodología de evaluación simplificada para los riesgos de exposición por inhalación, de contacto cutáneo, de Incendio-explosión y de impacto medioambiental.

El método francés es el más completo de los simplificados, ya que incluye las etapas de jerarquización y de evaluación y tiene en cuenta un mayor número de parámetros que el resto, tales como los tipos de procedimiento y ventilación.

Los avances científicos y técnicos en los últimos años permiten considerar adecuadamente en tiempo real la detección de contaminantes químicos en ambientes de trabajo. Se puede encontrar fácilmente en el mercado dispositivos que permiten detectar gases, vapores o aerosoles

La detección fácil, rápida y económica de la presencia de un producto contaminante y la evaluación de su concentración en tiempo real son criterios que ayudan a ampliar la distribución de estos detectores en los servicios de prevención de las empresas.

Un detector de gas es un dispositivo que proporciona en tiempo real, una indicación de la concentración de un gas o vapor, en un punto dado de la atmósfera.

Es decir, los detectores de gases advierten en tiempo real de la presencia de algunos gases peligrosos.

Para que su funcionamiento esté garantizado para aplicaciones de seguridad, deben ser probados regularmente.

Aunque su uso puede parecer simple, los usuarios deben recibir formación sobre su funcionamiento y sobre cómo actuar en caso de activarse una alarma de detección de gases.

Existen distintos dispositivos según el gas o vapor que detectan, permitiendo:

- La evaluación de la concentración de gases peligrosos para la salud (monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, cloro, dióxido de azufre, dióxido de carbono, cloruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, etc.).
- La estimación del contenido de oxígeno.
- La evaluación de la concentración en gas combustible respecto a/ (LIE) Límite Inferior de Explosividad, es decir, la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.
- La detección de compuestos orgánicos volátiles (principalmente los vapores de disolventes orgánicos) de una manera no específica.

En función de su utilización se pueden clasificar en portátiles o fijos:

- Detectores fijos de gases: Se utilizan para controlar la atmósfera de las instalaciones donde es posible la presencia de gases peligrosos. Son los primeros sistemas instrumentados de seguridad en muchas instalaciones industriales. Pueden, por ejemplo, utilizarse en las instalaciones frigoríficas que operan con amoníaco, en el almacenamiento de gases peligrosos para la salud (cloro, etc.), inflamables (gas natural, etc.) o en instalaciones térmicas (monóxido de carbono).
- Detectores portátiles: Por lo general, proporcionan una medida de seguridad para las personas involucradas en las zonas donde existe el riesgo de formación de atmósferas peligrosas para la salud o explosivas. Algunos también se pueden utilizar para otras aplicaciones como la cartografía o mapa de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (detectores de fotoionización) en instalaciones industriales o para la detección de fugas de gases.

Protección contra explosión y seguridad de la planta:

En casi todas las aplicaciones industriales se usan sustancias inflamables. Los equipos instalados en estas zonas deben estar protegidos contra explosión y deben estar aprobados y certificados para ello. Con conceptos de seguridad adecuados, alta disponibilidad y resistencia a fallos, los sistemas de detección de gases se convierten en sistemas de protección fiables.

En materia de protección contra explosión; en procesos industriales frecuentemente están involucradas sustancias inflamables y a veces también polvos inflamables. En estas zonas pueden escapar gases y vapores inflamables relacionados con el proceso (por ejemplo, por válvulas de purga) pero también por incidentes impredecibles y peligrosos.

Preventivamente estas zonas peligrosas son declaradas zonas Ex (“zonas”) en las que solamente se puede instalar equipos que estén provistos de una protección contra explosión adecuada y estén correspondientemente certificados.

La protección contra explosión está regulada mundialmente. La base de estos estándares según IEC, CENELEC (Europa) y NEC 505 (EE.UU.) es muy similar y está basado en el “concepto de 3 zonas” que se muestra en la Tabla No.4, que es aceptado cada vez más en EE.UU.

mientras que la muy conocida manera americana de protección contra explosión según NEC 500 está basado en el “concepto de 2 secciones” mostrado en la Tabla No. 5.

Según IEC, NEC 505 y CENELEC existen siete tipos estandarizados de protección para equipos eléctricos en zona 1, mientras que en EE.UU./Canadá solo existen tres tipos de protección contra explosión para la sección 1 según NEC 500, que se muestra en la Tabla No.6.

| | |
|---|---|
| Zona según IEC, NEC 505 y CENELEC | hay presencia de atmósferas explosivas peligrosas ... |
| Zona 0 | continuamente, largos periodos o frecuentemente |
| Zona 1 | ocasionalmente, con posibilidad de ocurrir |
| Zona 2 | poco frecuentemente y durante un breve periodo solamente |
| Tabla No. 4 | Protección contra explosión. “Concepto de 3 zonas”. |

| | |
|--------------------------|---|
| sección según NEC 500 | atmósferas explosivas peligrosas ... |
| División 1 | tienen posibilidad de existir |
| División 2 | no tienen posibilidad de existir |
| Tabla No. 5 | Protección contra explosión. “Concepto de 2 secciones”. |

| Tipo de protección según IEC, NEC 505 y CENELEC | tipo de protección comparable según NEC 500 |
|---|---|
| carcasa a prueba de llamas encapsulado | a prueba de explosión |
| relleno de polvo | – |
| inmersión en aceite | – |
| equipo presurizado | purgado/ presurizado |
| seguridad incrementada | – |
| seguridad intrínseca | intrínsecamente seguro |

Tabla No. 6 | Tipos de protección contra explosión para la sección 1 según NEC 500.

Hoy en día el relleno de polvo y la inmersión en aceite apenas son utilizados en la tecnología de medición y control y no se aplican a la detección de gases.

Protección contra explosión:

Hoy en día, la industria de fabricación de maquinaria, no sólo exporta tecnología a los mercados globales sino también exporta normativas de seguridad. En el campo de la protección contra explosiones, el método de protección más habitual es la seguridad intrínseca (Ex i).

Los instrumentos englobados en esta clase no requieren medidas de protección adicionales en la zona Ex, resultando muy prácticos para los operadores, pero no puede obviarse que siempre debe generarse un Documento de protección contra explosiones.

Teóricamente para que una explosión ocurra, ya sea en una mina o en un ambiente industrial, siempre son necesarios tres factores que tienen que ocurrir a la vez: oxígeno, gas o polvo inflamable y una chispa.

Basándose en estos factores, existen 3 métodos principales de protección frente a explosiones:

- La protección primaria prevé la formación de atmósferas potencialmente explosivas, por ejemplo, mediante ventilación o extracción.
- La protección secundaria prevé la formación de una chispa iniciadora de la explosión.

– La protección terciaria, limita los efectos de una explosión, una vez se ha producido.

El concepto “Nivel Integral de Seguridad” parece ser una moda en la tecnología de seguridad basada en la técnica y activada automáticamente. Pero no lo es, y sistemas fijos de detección de gases no están exentos de esta tendencia de clasificar sistemas de protección mediante el llamado nivel integral de seguridad (SIL) con respecto a su fiabilidad de activar una acción de seguridad para reducir el riesgo.

Donde quiera que hay un riesgo técnico para personas, bienes o medioambiente es necesario obtener un cierto grado de seguridad mediante medidas de reducción de riesgo. Si este tipo de medidas son realizadas automáticamente por sistemas eléctricos, electrónicos o electrónicamente programable el término central es “seguridad funcional”.

Estos sistemas, frecuentemente llamados sistemas de protección o sistemas relevantes para la seguridad desempeñan una función de seguridad y deben ser adecuadamente fiables con respecto al riesgo actual.

Sin embargo, estos sistemas pueden fallar por cualquier fallo arbitrario. Si fallan no deben permanecer en un estado peligroso (poco seguro) y deben ser reparados inmediatamente. Esto sin embargo implica que un fallo sea absolutamente detectable.

Una gran fracción de todos los fallos posibles (que son identificados por un llamado FMEDA) se pueden detectar mediante monitorización de fallos (servicios de diagnóstico), de tal manera que en el caso de un fallo detectable el sistema puede ser forzado a un estado seguro, del que se dice que reacciona con seguridad a fallos.

Estadísticamente hay una fracción muy pequeña de fallos accidentales peligrosos que no se pueden detectar automáticamente, el llamado peligro indetectable o fallo DU, que puede darse rara vez, pero que impedirá la ejecución de la función de seguridad.

El valor en materia de seguridad de un detector de gas es la protección que es importante y vital en el ámbito laboral, en lugar del término seguridad laboral se utilizan o se han utilizado diversas denominaciones para un concepto que en realidad es único: las condiciones bajo las que se trabaja deben ser seguras, es decir, no deben suponer una amenaza o una posibilidad significativa de sufrir un daño de cierta entidad, que pueda incapacitar aunque sea parcial y temporalmente, por parte de los trabajadores en relación con el trabajo.

Por lo tanto, es un asunto estrictamente laboral, con lo que son los trabajadores quienes deben estar suficientemente protegidos para que la posibilidad de sufrir un daño con ocasión del trabajo sea mínima.

1.4 TIPOS DE GASES PELIGROSOS.

Cualquier gas es potencialmente peligroso, si está licuado, comprimido o en su estado normal lo importante es conocer su concentración.

Básicamente hay tres categorías de riesgo:

- Ex – Riesgo de explosión por gases inflamables
- Ox – oxígeno Riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno Riesgo de aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en oxígeno
- Tox – Riesgo de intoxicación por gases tóxicos

Sin herramientas auxiliares los humanos no son capaces de reconocer estos peligros con suficiente antelación para iniciar las contramedidas adecuadas.

Con solo algunas excepciones nuestro olfato ha resultado ser un equipo de alarma extremadamente poco fiable.

Por ejemplo, somos sensibles al ácido sulfhídrico en bajas concentraciones por su típico olor de huevos podridos, pero altas concentraciones letales de ácido sulfhídrico no son detectadas por nuestra nariz.

El escapar a áreas supuestamente no peligrosas por su falta de olor ya ha causado gran cantidad de accidentes fatales. Incluso gases inofensivos como argón, helio o nitrógeno pueden ser peligrosos cuando el vitalmente importante oxígeno es desplazado por un repentino escape.

Concentraciones de oxígeno inferiores al 6 Vol% son letales. Exceso de oxígeno (más del 21 Vol%) aumenta el peligro de inflamabilidad y puede incluso causar la autoignición de materiales inflamables.

Los gases y vapores inflamables no solo pueden causar considerables daños en las fábricas por ignición, sino que también la vida humana está comprometida.

Es esencial detectar de manera fiable los peligros Ex-Ox-Tox y proteger la vida humana, bienes y ambiente mediante medidas adecuadas. - esto es para lo que son necesarios los detectores de gas - esto es para lo que son necesarios los sistemas de detección de gases.

La toxicidad de gases y vapores utilizados industrialmente es determinada mediante experimentos de laboratorio que tienen como resultado la tasa LC50.

La abreviatura LC50 significa concentración letal. Su valor refleja la concentración de gas en el aire que matará al 50 % de los animales de laboratorio (principalmente ratones o ratas) si se inhala durante cierto tiempo (principalmente cuatro horas).

De esto y de otras investigaciones científicas sobre salud laboral con incluso concentraciones más bajas, comités autorizados deducen propuestas para valores límite umbral (límites de exposición laboral) que deben ser obligatorios.

Estos umbrales de valor límite están definidos de tal manera que el trabajador no sufrirá daño mientras que no respire concentraciones de gas superiores umbral del valor límite establecido durante toda su vida laboral, en la tabla número 7, se muestran las concentraciones de estos valores límite abarca las siguientes medidas:

| Valor límite | sustancia representativa con este valor límite |
|--------------|--|
| 5000 ppm | dióxido de carbono |
| 1000 ppm | propano, butano |
| 500 ppm | acetona |
| 200 ppm | metiletilcetona (MEK) |
| 100 ppm | butanol |
| 50 ppm | n-hexano, tolueno |
| 20 ppm | acetonitrilo |
| 10 ppm | clorobenceno |
| 5 ppm | dietilamina |
| 1 ppm | 1.1.2.2-tetracloroetano |
| 500 ppb | cloro |
| 200 ppb | metilcloroformato |
| 100 ppb | dióxido de cloro |
| 50 ppb | decaborano |
| 20 ppb | fosgeno |
| 10 ppb | metilisocianato |
| 5 ppb | MDI (metildifenildiisocianato) |

Tabla No. 7 | Concentraciones de valores límites de exposición laboral.

T+ muy tóxico $LC_{50} < 0.5 \text{ g/m}^3$ Tricloruro de Boro, Tricloruro de Boro, bromo, diborano, flúor, arseniuro de hidrógeno, ácido cianhídrico, fluoruro de hidrógeno, fosfamina, ácido sulfhídrico, dióxido de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, ozono, fosgeno, tetracloruro de azufre, hexafluoruro de tungsteno.

T tóxico $LC_{50} = 0.5 \dots 2.0 \text{ g/m}^3$ Aceto de nitrilo, amoniaco, benceno, disulfuro de carbono, monóxido de carbono, cloro, dician, cloruro de hidrógeno, metanol, bromuro de metilo, trifluoruro de nitrógeno, dióxido de azufre.

Gases inflamables; cuanto más bajo es el límite inferior de explosión (LIE ó LEL), más peligrosos son.

Vapores inflamables; cuanto más bajo es su punto de inflamación, más peligrosos son.

El punto de inflamación está definido por la presión de vapor dependiente de la temperatura del líquido y su LEL.

| Vapor | LEL en Vol-% | LEL en g/m ³ | Pto. inflam. en °C | Presión de vapor a 20 °C en mbar | Temperatura de ignición en °C |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|
| acetona | 2.5 | 60.5 | < - 20 | 246 | 535 |
| acrilonitrilo | 2.8 | 61.9 | -5 | 117 | 480 |
| benceno | 1.2 | 39.1 | - 11 | 100 | 555 |
| n-butanol | 1.7 | 52.5 | 35 | 7 | 325 |
| n-butilacetato | 1.2 | 58.1 | 27 | 11 | 390 |
| n-butilacrilato | 1.2 | 64.1 | 37 | 5 | 275 |
| clorobenceno | 1.3 | 61.0 | 28 | 12 | 590 |
| ciclohexano | 1.0 | 35.1 | - 18 | 104 | 260 |
| ciclopentano | 1.4 | 40.9 | - 51 | 346 | 320 |
| 1,2-dicloroetano (DCE) | 6.2 | 265.7 | 13 | 87 | 440 |
| diétiléter | 1.7 | 52.5 | -40 | 588 | 175 |
| 1,4-dioxano | 1.9 | 69.7 | 11 | 38 | 375 |
| epiclorohidrina | 2.3 | 88.6 | 28 | 16 | 385 |
| etanol | 3.1 | 59.5 | 12 | 58 | 400 |
| etilacetato | 2.0 | 73.4 | - 4 | 98 | 470 |
| etilbenceno | 1.0 | 44.3 | 23 | 10 | 430 |
| n-hexano | 1.0 | 35.9 | - 22 | 160 | 240 |
| metanol | 6.0 | 80.0 | 9 | 129 | 440 |
| 1-metoxi-2-propanol | 1.8 | 67.6 | 32 | 12 | 270 |
| metilmetilquetona (MEK) | 1.5 | 45.1 | - 10 | 105 | 475 |
| metilmetacrilato | 1.7 | 70.9 | 10 | 40 | 430 |
| n-nonano | 0.7 | 37.4 | 31 | 5 | 205 |
| n-octano | 0.8 | 38.1 | 12 | 14 | 205 |
| n-pentano | 1.4 | 42.1 | - 40 | 582 | 260 |
| i-propanol (IPA) | 2.0 | 50.1 | 12 | 43 | 425 |
| óxido de propileno | 1.9 | 46.0 | - 37 | 588 | 430 |
| estireno | 1.0 | 43.4 | 32 | 7 | 490 |
| tetrahidrofurano (THF) | 1.5 | 45.1 | - 20 | 200 | 230 |
| tolueno | 1.1 | 42.2 | 6 | 29 | 535 |
| xileno (mezcla de isómeros) | 1.0 | 44.3 | 25 | 7 | 465 |

Tabla No. 8

Punto de inflamación definido por presión de vapor dependiente de la temperatura del líquido y su LEL.

Solo los líquidos inflamables tienen un punto de inflamación, como se muestra en la tabla número 8, por definición no hay punto de inflamación para gases.

La tabla número 9, muestra la temperatura de ignición de algunos gases y su LEL

| Gas | LEL en Vol-% | LEL en g/m ³ | Temperatura de ignición en °C |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| acetileno | 2.3 | 24.9 | 305 |
| amoníaco | 15.4 | 109.1 | 630 |
| 1.3-butadieno | 1.4 | 31.6 | 415 |
| i-butano | 1.5 | 36.3 | 460 |
| n-butano | 1.4 | 33.9 | 365 |
| n-buteno (butileno) | 1.2 | 28.1 | 360 |
| dimetileter | 2.7 | 51.9 | 240 |
| eteno (etileno) | 2.4 | 28.1 | 440 |
| óxido de etileno | 2.6 | 47.8 | 435 |
| hidrógeno | 4.0 | 3.3 | 560 |
| metano | 4.4 | 29.3 | 595 |
| cloruro de metilo | 7.6 | 159.9 | 625 |
| propano | 1.7 | 31.2 | 470 |
| propeno (propileno) | 1.8 | 31.6 | 485 |

Tabla No. 9 | Temperatura de ignición de algunos gases y su LEL.

Solamente si la proporción de un combustible en aire está dentro de ciertos límites, los gases y vapores inflamables pueden producir mezclas inflamables con el aire.

El límite inferior de explosión (LEL) está definido como la concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible y aire que bajo condiciones estandarizadas puede inflamarse y continuar ardiendo.

El LEL de todos los gases y vapores inflamables conocidos está en el rango de aprox. 0.5 a 15 Vol%.

Por ejemplo, el LEL de mezclas de hidrógeno y aire es 4 Vol%, y así un gas de prueba de 2 Vol% en aire es definitivamente no inflamable.

Concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible, se muestra en la Tabla número 10 y tabla 10.1.

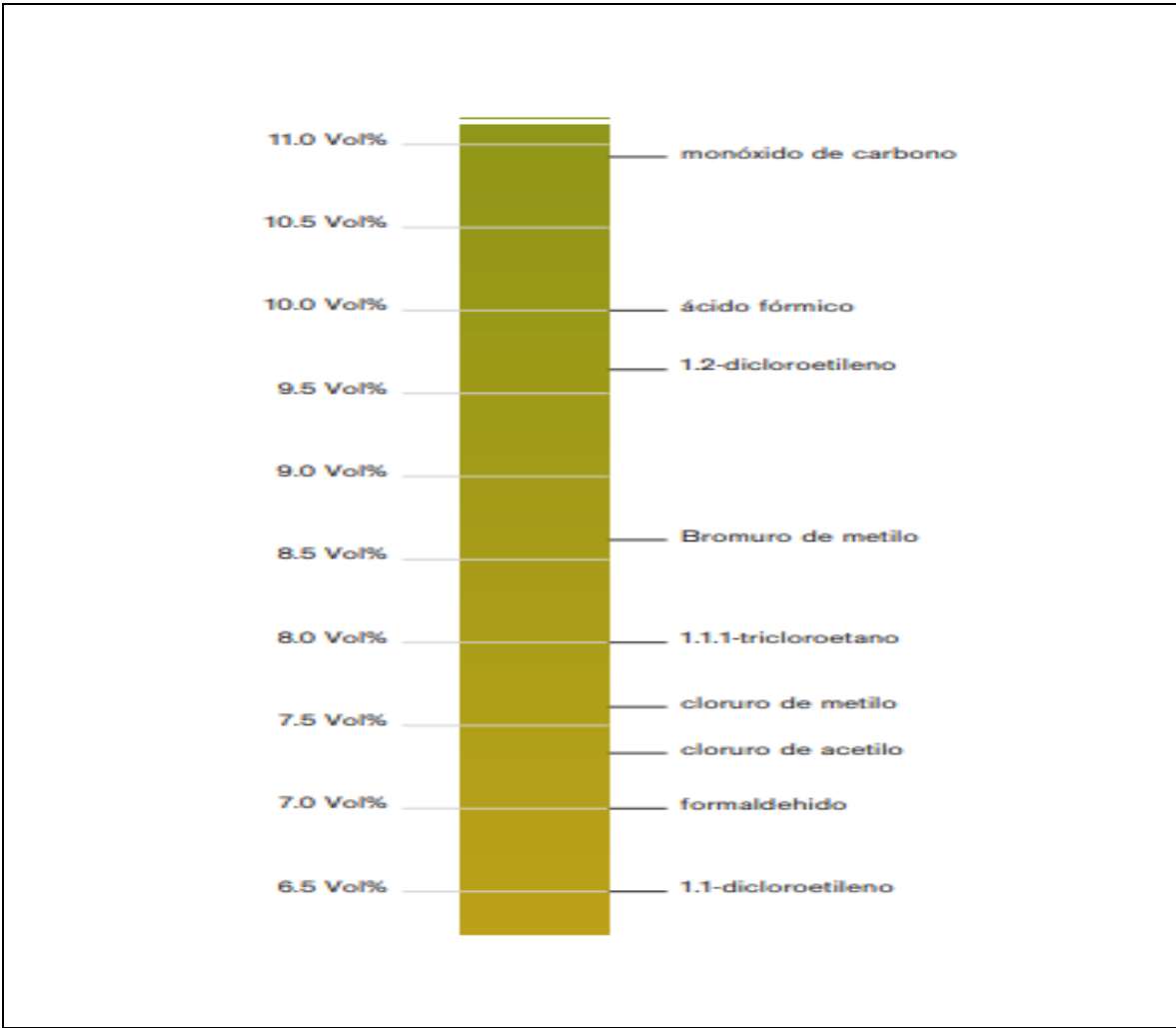


Tabla No.10 | Concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible.

Limitación de concentración:

Este comportamiento es esencial para la práctica de la protección contra explosión: como un gas por debajo de su concentración LEL no puede inflamarse, la protección contra explosión puede ser realizada continuamente midiendo la concentración de gas y asegurando mediante medidas adecuadas que por ejemplo la mitad del LEL (= 50% LEL) no sea sobrepasado.

Este método de protección preventiva contra explosión se conoce como la medida primaria: no la ignición de una atmósfera potencialmente explosiva, pero la formación de una atmósfera potencialmente explosiva es prevenida fiablemente.

La medición de la concentración se realiza preferiblemente mediante sensores infrarrojos o sensores de perlas catalíticas, que deben cumplir con requisitos de seguridad especialmente estandarizados y estar certificados para ello.

| Concentración (Vol%) | Compuesto |
|----------------------|--|
| 6.0 Vol% | 1,2-dicloroetano metanol metanol |
| 5.5 Vol% | 1,1-dicloro etano cianuro de hidrógeno |
| 5.0 Vol% | metilamina |
| 4.5 Vol% | hidracina |
| 4.0 Vol% | metano |
| 4.0 Vol% | cianuro de hidrógeno cloruro de vinilo |
| 3.5 Vol% | etilamina |
| 3.0 Vol% | etanol acetonitrilo |
| 3.0 Vol% | acrilonitrilo |
| 2.5 Vol% | dimetileter |
| 2.5 Vol% | etileno |
| 2.0 Vol% | dimetilformamida |
| 2.0 Vol% | i-propanol |
| 1.5 Vol% | propano |
| 1.5 Vol% | i-butano |
| 1.5 Vol% | n-butano |
| 1.5 Vol% | n-butilacetato |
| 1.0 Vol% | n-hexano |
| 0.5 Vol% | n-octano |
| 0.5 Vol% | n-nonano |
| 0.5 Vol% | n-decano |

Tabla 10.1 Concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible.

Los gases tóxicos son sustancias de carácter voluble, etéreo, de interacción molecular débil y alta expansión física, cuya interacción con el cuerpo humano resulta irritante, dañina o letal.

Muchos son producto de reacciones químicas primarias, voluntarias o no, y suelen ser además inflamables, comburentes o corrosivos, por lo que su manejo requiere de cuidados especiales.

De acuerdo a su efecto en el organismo y su utilización, pueden clasificarse en: asfixiantes, irritantes, mixtos, domésticos, naturales y bélicos.

Monóxido de carbono (CO). Una de las formas más tóxicas de la oxidación del carbono, es un gas incoloro capaz de causar la muerte al inhalarse en grandes cantidades. Es un gas común en el mundo industrial: es resultado de los motores de combustión y la quema de hidrocarburos y otras sustancias orgánicas.

es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es menos denso que el aire y en consecuencia difunde rápidamente en el ambiente. Es un gas combustible.

Se produce siempre que tiene lugar una combustión incompleta. Casi como norma general se puede afirmar que toda instalación que funcione con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos produce CO.

Operaciones y lugares donde se puede encontrar CO son, por ejemplo, fundiciones, forjas, tratamientos térmicos, garajes, salas de calderas, altos hornos, fabricación de coque, motores de combustión interna.

Su afinidad por la hemoglobina es unas 300 veces mayor que la del oxígeno del aire, por lo que impide el transporte por la sangre del oxígeno de los pulmones a las células, produciendo asfixia química.

Dióxido de azufre (SO₂). Gas irritante, incoloro, de olor muy particular y soluble en agua, deviniendo en ácido: es ésta la reacción que toma lugar en las atmósferas contaminadas y produce la lluvia ácida. Suele liberarse como producto de combustiones industriales, a pesar de que en contacto con el aparato respiratorio produce irritación severa y bronquitis. es un gas incoloro, de olor picante y sabor

espeso. Se emplea como agente blanqueante y para la obtención de ácido sulfúrico. Se produce en procesos de combustión de productos que contengan azufre como la tostación de piritas o la combustión de carbones y petróleos. Causa irritación del sistema respiratorio superior.

Gas mostaza. Una familia de químicos altamente irritantes empleados como armamento bélico (por primera vez en 1915, en la I Guerra Mundial). Puede tratarse de dos formas distintas: mostazas nitrogenadas o mostazas sulfuradas. El contacto con ellas causa ampollas y ulceraciones en la piel o las mucosas y conduce eventualmente a la asfixia agónica.

Gas pimienta. También conocido como gas lacrimógeno, es capaz de producir irritación moderada y dolorosa de las mucosas oculares y respiratorias, e incluso ceguera temporal. Se emplea como mecanismo de defensa personal o en la dispersión de manifestaciones.

Lewisita. Un químico sintético altamente tóxico fue desarrollado por la industria bélica norteamericana durante la primera y segunda guerras mundiales. Al ser inhalado, produce quemazón dolorosa, tos, vómitos, moqueo nasal y edema pulmonar.

Ozono. Este gas se encuentra naturalmente en la atmósfera, escudándonos de las radiaciones solares. Es poco común en el entorno cotidiano. La exposición al ozono genera irritación en el sistema respiratorio y respuestas bronquiales inflamatorias. En altas concentraciones puede producir cianosis, fatiga extrema y fallo renal.

Metano (CH₄). El hidrocarburo alcano más simple que existe, es un gas combustible y potencialmente asfixiante, incoloro, inodoro, insoluble en agua. En altas concentraciones puede sofocar al desplazar el oxígeno del ambiente.

Butano (C₄H₁₀). Otro hidrocarburo altamente inflamable y volátil, que suele manejarse de manera doméstica y con la añadidura de marcadores odorizantes, para poder detectar sus fugas, ya que es inodoro. Es potencialmente asfixiante. Produce somnolencia, alucinaciones y pérdida del conocimiento al ser inhalado.

Humos de incendio. Conocidos como gases mixtos, ya que contienen diversas combinaciones de gases irritantes y asfixiantes, dependiendo de la naturaleza de los materiales consumidos en el fuego. Es la principal causa de muerte en los incendios, dados sus amplios efectos en el cuerpo: asfixia, irritación severa, necrosis, cianosis, etc.

Cianuro (CN⁻). Es una de las sustancias más tóxicas conocidas y de efecto letal más inmediato. En su forma gaseosa, posee un olor característico (semejante a las castañas), cuyo margen de detección es muy cercano al letal. Sus efectos inmediatos inhiben la respiración celular, y suelen conducir al paro cardiorrespiratorio.

La toxicidad que tienen es función de su capacidad de desprender cianhídrico. Este gas tiene un olor característico a almendras amargas. Es un tóxico muy potente que puede entrar en el organismo por inhalación, vía dérmica y vía digestiva.

Su uso principal en la industria es en la galvanoplastia, en los tratamientos de metalurgia y en laboratorios fotográficos. El mecanismo de intoxicación de este producto es el de una inhibición de la oxidación por inactivación de las enzimas respiratorias.

Cloro diatómico (Cl₂). Conocido como dicloro, es un gas amarillo-verdoso, de olor fuerte y desagradable y muy alta toxicidad. Fue empleado como arma de guerra en la I Guerra Mundial, por sus efectos neumotóxicos en medias concentraciones. Se usa en la industria química y de materiales, así como en ciertos solventes domésticos. son un grupo de sustancias irritantes.

El cloro es un gas amarillo-verdoso de olor característico, más pesado que el aire. No se encuentra libre en la naturaleza. Se utiliza para la depuración de aguas y como materia prima para obtener diversos derivados clorados y ácido clorhídrico.

El óxido de cloro es un gas rojo-amarillento, inestable, muy oxidante y soluble en agua. Se suele obtener en el mismo lugar de utilización. Se usa como blanqueante. Son productos irritantes y dan problemas respiratorios.

Óxido de nitrógeno I (N_2O). También llamado gas de la risa, es incoloro, de olor dulzón y ligeramente tóxico. No es inflamable, ni explosivo, y se utiliza a menudo con fines farmacéuticos y anestésicos. Los *Óxidos de nitrógeno (NO_x)*, en general se obtienen como subproductos en la fabricación del ácido nítrico y otros productos con nitrógeno como los colorantes azoicos, explosivos y fertilizantes. En lugares donde se almacene ácido nítrico sin la debida ventilación se pueden acumular óxidos de nitrógeno.

Fosfógeno ($COCl_2$). Gas venenoso, empleado como pesticida e insumo en la industria del plástico, puede ser incoloro o adquirir forma de nube blanca o amarilla. No se encuentra de forma natural en ninguna parte, ni es inflamable, y posee un olor desagradable. Es altamente irritante y asfixiante.

Amoníaco (NH_3). Llamado también gas de amonio, es incoloro y posee un olor muy desagradable y característico. Es muy empleado en diversas industrias humanas, a pesar de ser cáustico y altamente contaminante. El cuerpo humano es capaz de procesarlo a través del Ciclo de la Urea y expulsarlo por la orina, pero en reacción con otros compuestos es altamente tóxico e inflamable.

Amoniaco se emplea en refrigeración en circuito cerrado, pero puede haber escapes por fugas, uniones, válvulas, etc. También se utiliza para la obtención de sosa Solvay, fabricación de resinas, explosivos, abonos, etc. También se desprende en la descomposición de sustancias nitrogenadas, aguas negras, etc. Causa fuerte irritación en las mucosas del aparato respiratorio superior y ojos.

Helio (H). Gas monoatómico que presenta muchas de las propiedades de los gases nobles, es incoloro e inodoro, muy abundante pues las reacciones estelares lo producen a partir del hidrógeno. Al inhalarse modifica la velocidad de propagación del sonido, lo cual resulta en voces agudas y rápidas, pero demasiada concentración puede reemplazar el oxígeno y provocar asfixia. No es tóxico per se.

Argón (Ar). Uno de los gases nobles, incoloro e inerte, no reaccionante y poco conductor del calor, muy empleado en la industria eléctrica. Es un asfixiante simple,

cuya toxicidad depende de la disminución del oxígeno en el ambiente, por lo que requiere de altas concentraciones para ello.

Formaldehído (CH₂O). Gas incoloro de olor muy penetrante, a partir del cual se fabrica el formol, para preservar especímenes biológicos. Es un conocido carcinógeno e irritante del sistema respiratorio.

Flúor (F). El más electronegativo y reactivo de todos los elementos, compone un gas amarillo pálido de olor acre, cuya capacidad de unión al zinc y al yodo lo hace altamente tóxico, capaz de interrumpir el normal funcionamiento de los sistemas de aprendizaje, memoria, hormonales, óseos y energéticos del cuerpo humano.

Acroleína (C₃H₄O). Si bien es un líquido en su estado natural, es muy inflamable y se evapora velozmente al calentarse, produciendo un gas irritante del sistema respiratorio cuyos efectos tóxicos no están demasiado estudiados, pero apuntan al daño pulmonar moderado.

Dióxido de carbono (CO₂). Resultado natural de la respiración y de muchos procesos de combustión, es capaz de asfixiar por desplazamiento de las moléculas de oxígeno, al ser más pesado que el aire y muy poco inflamable. Es inodoro e incoloro.

1.5 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN DETECTORES DE GAS.

La empresa Honeywell en detectores de gas cuenta con el detector de gases Midas que emplea tecnología confiable de sensores para detectar varios gases tóxicos, ambientales e inflamables en una planta.

El dispositivo supervisa puntos a una distancia de hasta 30 metros (100 pies), mientras que mediante el uso de tecnología patentada regula caudales y garantiza una detección de gas sin errores.

Gracias a la utilización de elementos de robótica avanzada por parte de Honeywell, el detector de gases Midas Gas ofrece una calidad y confiabilidad imbatibles:

- Mayor visibilidad y utilización sencilla. El detector de gases Midas viene equipado con luces LED brillantes y una interfaz intuitiva e interactiva que proporciona alertas instantáneas ante las lecturas de gas o niveles de alarma. La interfaz también incluye menús protegidos con contraseña para configuración, prueba y calibración.
- Instalación sencilla. Gracias a su tamaño compacto y a su chasis de metal de fácil manejo, el detector de gases Midas se puede instalar en forma sencilla. Esto es particularmente importante en ambientes de procesos complejos y abarrotados en los que el espacio escasea.
- Numerosas aplicaciones. Con capacidades abundantes en opciones fáciles de utilizar, el detector de gases Midas puede emplearse en muchas aplicaciones industriales, entre ellas el procesamiento de semiconductores, la fabricación en la industria ligera, los laboratorios universitarios, la industria aeroespacial, el tratamiento de aguas de desecho y más.

La empresa InfraTec por su parte, actúa en el desarrollo de un nuevo detector de gas a prueba de explosiones para cuerpos de rescate. En el marco del proyecto Mirex, patrocinado por el Ministerio de Investigación y Educación alemán, que finaliza en mayo de 2019, InfraTec ha estado trabajando en el desarrollo de un dispositivo innovador que permite una evaluación más rápida y exacta en situaciones de peligro por explosión.

Los detectores de gas para la detección de gases explosivos y combustibles son una parte indispensable del equipo de protección de los cuerpos de bomberos, de socorro en caso de catástrofe y otros equipos de rescate civil.

Estos dispositivos permiten a los ayudantes determinar si existe una atmósfera explosiva en el lugar de la emergencia, lo que representa una situación peligrosa que de otro modo no se podría detectar. El conocimiento más preciso posible sobre los gases explosivos y su expansión espacial es decisivo para garantizar una intervención rápida, segura y eficaz.

Detectores basados en la tecnología de los espectrómetros: El núcleo de la innovación es un espectrómetro infrarrojo miniaturizado con un filtro micromecánico sintonizable Fabry-Pérot-Filter y un fotodiodo rápido como detector. La técnica de medición espectral con una resolución espectral de 30 - 40 nm en el rango espectral de 3,0 - 3,7 μm permite detectar y cuantificar una amplia variedad de gases con un solo elemento detector.

Los detectores NDIR habituales con filtros fijos de banda estrecha suelen estar calibrados para una sola sustancia y no permiten ninguna diferenciación. Debido a su diseño compacto en una carcasa TO-8, su insensibilidad a las vibraciones y su bajo consumo de energía, el espectrómetro ofrece buenas condiciones previas para su integración en un detector de gases portátil y a prueba de explosiones.

El proyecto Mirex está sentando las bases para garantizar que incluso los gases con espectros muy superpuestos, como el etano y el propano, puedan ser detectados posteriormente en la práctica mediante una compleja evaluación de señales analógicas y digitales.

Como parte del equipo de protección personal, el detector de gas será capaz de aumentar la seguridad de los trabajadores de rescate durante las operaciones en el futuro. Para este fin, medirá los gases explosivos y combustibles dentro del rango del límite inferior de explosión.

Este límite marca la concentración más baja en la que un gas puede encenderse y una llama puede propagarse automáticamente. Los resultados de las mediciones llegan al centro de operaciones por radio. De esta manera, varias fuerzas de rescate pueden ser mejor coordinadas y monitoreadas.

Tecnología adecuada para otros sectores.

Junto con InfraTec, la Gesellschaft für Gerätebau mbH, el Instituto Fraunhofer de Tecnología de Medición Física de Freiburg y el Instituto del Cuerpo de Bomberos y Tecnología de Salvamento del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Dortmund aportan su experiencia en esta aplicación especial.

Sin embargo, en términos de perspectiva, el dispositivo tiene un rango de aplicación mucho mayor. El principio básico de funcionamiento también puede adaptarse para otros fines. El concepto de detectores similares para la minería, las refinerías y la industria química es concebible, por ejemplo.

El impactante incendio en la catedral de Notre Dame de París hace unos meses pone sobre la mesa la problemática no resuelta de cómo proteger, en materia de seguridad contra incendios, la Historia que contienen los edificios construidos con anterioridad a las normativas contra incendios, tanto en cuanto al contenido en forma de obras de arte, murales, mobiliario, libros, etc., como con respecto al propio edificio, con un valor arquitectónico, cultural e histórico incalculables.

Conscientes de que cada edificio es singular y que hay que estudiarlo particularmente en función de su uso actual, Clúsic organiza una jornada que tendrá lugar el próximo 26 de junio y que pretende dar estrategias generales para atacar la problemática de manera individualizada para proteger nuestro patrimonio arquitectónico.

Desarrollan una plataforma inteligente para detectar gases tóxicos, combinan las TICs, nanotecnologías y biotecnología para mejorar los entornos industriales

Un equipo de ingenieros británicos y coreanos ha desarrollado una tecnología para la construcción de plantas de detección inteligente de gases tóxicos, así como un chip de memoria bio-sensorial que servirá para detectar cantidades mínimas de materiales bioquímicos.

Combinando diversas tecnologías, estas plantas detectarán fugas de gases peligrosos o controlarán la calidad de los entornos atmosféricos, mientras que los chips bio-sensoriales permitirán diagnosticar enfermedades de humanos y ganado relacionadas con la contaminación por gas

Investigadores del Centre for Advanced Photonics and Electronics (CAPE de la Universidad de Cambridge, en el Reino Unido, y del Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI, de Corea del Sur, han desarrollado

una plataforma de detección inteligente de gases ("smart gaz sensor platform" o SGSP), así como un chip de memoria bio-sensorial.

La utilización simultánea de tecnologías de la información, nanotecnologías y biotecnologías ha alumbrado esta tecnología híbrida e innovadora que permitirá a la SGSP funcionar con tecnología de circuitos integrados CMOS. La tecnología CMOS (del inglés Complementary Metal Oxide Semiconductor, "Semiconductor Complementario de Óxido Metálico") ya es la utilizada en microprocesadores, sensores de imagen o microcontroladores.

Gracias a estos semiconductores CMOS, la planta inteligente de detección de gases contará con redes de sensores omnipresentes, y funcionará con un consumo de energía mínimo, según informa el ETRI.

Los circuitos CMOS presentan una serie de ventajas: necesitan un bajo consumo de potencia, tienen un carácter regenerativo, son sencillos de diseñar y su tecnología de fabricación está muy desarrollada, por lo que es posible conseguir densidades de integración muy altas a un precio mucho menor que el de otras tecnologías.

Para qué sirve: La SGSP será utilizada para detectar fugas de gases peligrosos, como el óxido de nitrógeno, el dióxido de azufre o el monóxido de carbono, y también para controlar la calidad de los entornos atmosféricos industriales y urbanos, o detectar la aparición de síntomas en personas que residen o trabajan en edificios contaminados o mal climatizados.

El chip bio-sensorial es capaz, por su parte, de transmitir, combinar y detectar (todo simultáneamente) volúmenes muy pequeños de materiales bioquímicos, por lo que serviría para diagnosticar enfermedades de humanos y ganado, así como para analizar la calidad de los recursos acuíferos de un entorno.

Los científicos del ETRI y de la Universidad de Cambridge presentaron esta tecnología en el International Electron Devices Meeting (IEDM celebrado en

Washington el pasado diciembre. El IEDM lleva 53 años siendo el principal foro de información de avances en tecnología, diseño y fabricación de semiconductores y otros dispositivos electrónicos.

Las revistas Applied Physics Letters y Nanotechnology se han hecho eco del avance.

Problemas medioambientales: Este avance tecnológico responde a la creciente preocupación de la contaminación ambiental en los entornos industriales y urbanos y su influencia en la salud humana.

Uno de los problemas medioambientales más acuciantes es la presencia de gases contaminantes en la atmósfera, y la investigación en este campo trata de determinar tanto los tipos de gases que son perjudiciales como las concentraciones a partir de las cuales éstos son nocivos.

Las legislaciones a este respecto son cada vez más restrictivas, por lo que se necesita avanzar en el desarrollo de tecnologías de coste moderado, capaces de detectar concentraciones de gases contaminantes cada vez más pequeñas.

Las industrias son uno de los principales mecanismos de contaminación atmosférica, dado que los procesos industriales implican combustión, lo que genera emisiones de dióxido y monóxido de carbono, metano, azufre, etc. Los efectos de estos gases no alcanzan sólo al medioambiente, sino también a la salud.

Numerosos estudios han demostrado la relación entre la contaminación y determinadas enfermedades, como deficiencias en la función pulmonar o mayor incidencia de ataques cardíacos. Asimismo, la contaminación es uno de los causantes directos del aumento del asma en el planeta, una enfermedad que se calcula afecta a 300 millones de personas en el mundo, la mayoría de ellas habitantes de los países ricos.

Por todos estos motivos, las futuras plantas inteligentes detectoras de gases tóxicos contribuirán a armonizar las exigencias de la producción industrial con la calidad de vida de los ciudadanos y con la integridad de los entornos naturales, al mismo tiempo que el chip bio sensorial dará garantías a las personas respecto a la calidad del aire que respiran.

La revista HSEC menciona que, al responder a necesidades diferentes, los detectores portátiles de gases y los sistemas de prevención tenderían a evolucionar en paralelo, sin abarcar uno el campo del otro.

“En el caso de las mineras y de las empresas de alimentos, se mantendría la utilización de sistemas instalados de detección de gases, ya que, en las líneas de producción, la inhalación de gases tóxicos representa un riesgo permanente del que se debe estar protegido. Esto no significa que las personas que ingresan al lugar no deben llevar consigo detectores portátiles, pues esas mismas personas pueden desplazarse constantemente a lugares en las que haya emanaciones de gases no consideradas”, argumenta Carlos Vial, Gerente de Ventas de Safety Service, empresa distribuidora de detectores de gases.

En cuanto a tecnología, hay ciertos puntos que destaca el especialista en los que debiera haber una evolución considerable en corto tiempo, como es el caso de la mantención de los equipos, que debiera realizarse en mayores períodos de tiempo; nuevos diseños adaptados a las múltiples necesidades, en tamaños y peso; productos fabricados con materiales de mayor duración y con resistencia a factores externos, como la corrosión, oscilaciones térmicas o la presión en diferentes alturas; y una mejor electrónica, siempre enfocada en la seguridad.

1.6 NORMAS.

El ámbito jurídico en el cual se desarrolla el marco jurídico que rige a la seguridad y salud en México está definido por los ordenamientos que se citan a continuación:

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal faculta a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en su artículo 40, fracción XI, para “estudiar y ordenar

las medidas de seguridad e higiene industriales para la protección de los trabajadores, así como vigilar su cumplimiento”.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización determina, en sus artículos 38, fracción II, 40, fracción VII, y 43 al 47, la competencia de las dependencias para expedir las normas oficiales mexicanas relacionadas con sus atribuciones; la finalidad que tienen éstas de establecer, entre otras materias, las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo.

Para dar cumplimiento a las disposiciones legales de seguridad e higiene antes referidas, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, se apoya en la Dirección General de Inspección Federal del Trabajo (DGIFT) y en la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (DGSHT).

La Dirección General de Inspección Federal del Trabajo DGIFT; se encarga de instrumentar y supervisar acciones de vigilancia y promoción del cumplimiento de la normatividad laboral, (no sólo se consideran rubros de Seguridad e Higiene sino también se verifica el cumplimiento de los aspectos relativos a la previsión social), mediante visitas de inspección, asesoría u otros mecanismos alternos.

El marco legal aplicable en materia de seguridad e higiene al que deben regularse las empresas en México está incluido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la ley Federal del Trabajo, ley del IMSS e ISSSTE, ley General de Salud y en el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el trabajo, así como las Normas de Seguridad e Higiene de la Secretaria del Trabajo y prevision social.

El artículo 123 Constitucional en su apartado A fracciones XIV y XV la responsabilidad de los patrones en relación a los accidentes y enfermedades profesionales de los trabajadores que pudieran ocurrir con motivo o en el ejercicio de su trabajo.

En la fracción XV se menciona la responsabilidad del patrón de “observar los preceptos legales sobre higiene y seguridad que aplican de acuerdo con la naturaleza de su negociación”, y en base a ello, “adoptar las medidas necesarias para prevenir accidentes, así como organizar estos elementos de tal manera que

resulte en una mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores y del producto de la concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas”.

La Ley Federal del Trabajo, en su artículo 132, fracción XVI, menciona: “Instalar y operar las fábricas, talleres, oficinas, locales y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, a efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales.”

En dicho ordenamiento además se mencionan las obligaciones de los trabajadores en materia de seguridad e higiene, en su artículo 134, dentro de susfracciones se establece que deben de cumplir las disposiciones de trabajo que les sean aplicables, someterse a los exámenes médicos previstos por reglamento interior, normas vigentes de la empresa, poner en conocimiento del patrón sobre las enfermedades infecciosas que padezcan y comunicar las deficiencias que adviertan a fin de daños.

La Ley Federal del Trabajo dispone en su artículo 512 que en los reglamentos e instructivos que las autoridades laborales expidan se fijarán las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que el trabajo se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores.

El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, sirve como marco para que las Secretarías de Trabajo y Previsión Social y de Salud, promuevan acciones para prevenir y disminuir los accidentes y enfermedades laborales, estableciendo las disposiciones en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo que deberán aplicarse en los centros de trabajo.

El Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo establece las disposiciones en materia de seguridad y salud en el trabajo que deberán de aplicarse en los centros de trabajo, de forma que se prevengan riesgos y, de esa manera, se garantice un lugar que asegure la vida y salud de los trabajadores al desempeñar sus actividades

Las normas oficiales mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los trabajadores.

En la siguiente tabla se presentan las normas vigentes en materia de seguridad y salud, su aplicación es obligatoria en todo el territorio nacional.

En la siguiente tabla se presentan las Normas vigentes en materia de seguridad y salud, su aplicación es obligatoria en todo el territorio nacional.

NOM-085-SEMARNAT-2011: Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Objetivo.

Establecer los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas, con el fin de proteger la calidad del aire.

Referencias.

NOM-001-SECRE-2003, Calidad del gas natural, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de marzo de 2004.

NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de enero de 2006.

NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 1 de octubre de 2004: Anexo 1. Especificaciones y procedimientos de prueba para sistemas de monitoreo continuo de emisiones (SMCE) de monóxido de carbono (CO) y Anexo 2 Determinación de

emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (procedimiento de análisis instrumental).

NMX-AA-009-1993-SCFI, "Contaminación atmosférica⁴⁵-Fuentes fijas-Determinación de flujo de gases en un conducto por medio del Tubo de Pitot", publicada en el Diario Oficial de la Federación del 27 de diciembre de 1993.

NMX-AA-010-SCFI-2001, "Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Determinación de la emisión de partículas contenidas en los gases que fluyen por un conducto-Métodos isocinético", publicada en el Diario Oficial de la Federación del 18 de abril de 2001.

NMX-AA-035-1976, "Determinación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de junio de 1976.

NMX-AA-054-1978, "Contaminación atmosférica-Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un conducto-método gravimétrico", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1978.

NMX-AA-055-1979, "Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Determinación de bióxido de azufre en gases que fluyen por un conducto", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de septiembre de 1979.

NMX-AA-056-1980 "Contaminación atmosférica- fuentes Fijas-Determinación de bióxido de azufre, trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en los gases que fluyen por un conducto", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de junio de 1980.

NMX-AA-114-1991 "Contaminación atmosférica-fuentes fijas-Determinación de la densidad del humo en los gases de combustión que fluyen por un conducto o

chimenea-Método del número de mancha", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 1991.

NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral Reconocimiento, evaluación y control.

Objetivo.

Establecer los procesos y medidas para prevenir riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto a agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.

Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma se deberán consultar las siguientes Normas oficiales mexicanas y Norma mexicana vigentes, o las que las sustituyan:

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-116-STPS-2009, Seguridad-Equipo de protección personal-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-047-SSA1-2011, Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas.

NMX-R-019-SCFI-2011, Sistema Armonizado de Clasificación y Comunicación de Peligros de los Productos Químicos.

NOM-018-STPS-2015: Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

Objetivo.

Establecer los requisitos para disponer en los centros de trabajo del sistema armonizado de identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir daños a los trabajadores y al personal que actúa en caso de emergencia.

Referencias.

Para la correcta interpretación de esta Norma, deberán consultarse las siguientes Normas oficiales Mexicanas y la Norma Mexicana vigentes, o las que las sustituyan:

NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control.

NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NMX-R-019-SCFI-2011, Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos.

NOM-114-STPS-1994. Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.

Objetivo:

Esta Norma Oficial Mexicana establece un sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas que de acuerdo a sus características físico-químicas o toxicidad, concentración y tiempo de exposición del trabajador puedan alterar su salud y su vida y/o afectar al centro de trabajo.

Referencias.

NOM-002-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

NOM-008-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

NOM-010-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral.

NOM-028-STPS-1993 Seguridad-Código de colores para la identificación de fluidos conducidos por tuberías.

NOM-026-STPS-1993 Seguridad-Colores y su aplicación.

CONVENIO 170 (OIT) Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.

NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida.

CAPÍTULO II.
DAÑOS A LA SALUD

2.1 DATOS DE INDICES DE ACCIDENTES EN INDUSTRIAS.

Riesgo es la posibilidad de sufrir un daño o pérdida, y esta posibilidad ocurre durante casi cualquier actividad humana. El daño o pérdida es una consecuencia adversa potencial de un evento peligroso.

El riesgo de un evento define la probabilidad combinada de éste y la gravedad de sus consecuencias potenciales. Los riesgos no siempre pueden ser evitados, pero sí pueden ser minimizados.

Los riesgos son diversos, y se pueden dividir en varios niveles:

- Fugas de gas natural.
- Incendio o connato de incendio.
- Explosión.

Eventos tan importantes como los accidentes ocurridos los últimos años; en México, la explosión de gas L.P. en San Juanico y en Guadalajara el siniestro ocurrido el 22 de abril de 1992, la ciudadanía y el gobierno de México, adquirieron una nueva perspectiva del cuidado con el que deben manejarse productos que, si bien son indispensables para la vida moderna, pueden representar un peligro potencial para las personas y sus bienes cuando no se respetan las normas de seguridad y las reglas básicas para su almacenamiento, distribución y aprovechamiento.

PEMEX lleva una estadística de las fugas que se han presentado en los diferentes tipos de instalación por Distrito. Por ejemplo, para gasoductos en el Distrito Reynosa se reportaron 14 fugas durante el período enero-agosto 1996, siendo los meses de junio y julio los que presentaron una mayor cantidad de éstas, las cuales fueron principalmente por corrosión externa e interna.

El manejo y distribución de gas natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

La preocupación de las autoridades federales, estatales y municipales con relación al manejo de productos químicos e hidrocarburos en general ha tenido una revisión cada vez mayor en los últimos 10 años.

Debido a que en la sociedad civil se han incrementado las preocupaciones sobre posibles impactos adversos a la salud y al entorno ecológico.

Esta preocupación tiene como consecuencia el desarrollo de evaluaciones de riesgo en múltiples actividades que pudieran ocasionar riesgos a la salud.

Estas evaluaciones de riesgo han dado como resultado una serie de conocimientos relacionados con las estimaciones de afectación y riesgos a la salud de varios de los proyectos de este tipo.

Para disminuir la posibilidad de ocurrencia de un accidente en una empresa química, se debe considerar:

1. La experiencia de la empresa.
2. Las condiciones de operación del proceso.
3. Las medidas de seguridad que se adoptarán.

En la siguiente tabla número 11, se presenta a continuación las principales sustancias involucradas en accidentes químicos del año 1990 al año 1996.

| SUSTANCIA | ACCIDENTES |
|------------------------------|------------|
| Gasolina | 223 |
| Gas combustible | 165 |
| Diesel | 122 |
| Amoniaco | 119 |
| Combustóleo | 65 |
| Acido sulfúrico | 47 |
| Aceite industrial | 35 |
| Cloro y compuestos del cloro | 33 |
| Hidróxido de sodio | 17 |
| Disolventes | 11 |
| Acido clorhídrico | 11 |
| TOTAL | 848 |

Tabla No. 11 Principales sustancias involucradas en accidentes químicos del año 1990 al año 1996.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el gas es una de las sustancias que ocasiona más accidentes.

PROPEFA declara en su informe de actividades que durante el año 2015 se recibieron 1562 emergencias ambientales, de las cuales; 1331 fueron provocadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 45 por explosiones, 111 por fugas de gases, 74 por incendios en las instalaciones y una por otras causas.

En el informe del año 2017, PROFEPA declara que fueron 652 notificaciones sobre la ocurrencia de emergencias ambientales, de las cuales 258 fueron provocadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 124 por explosiones, 106 por fuga de gases, 152 por incendio de las instalaciones y 12 por otras causas.

El Gobierno Federal mediante su entidad de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) declara en su resumen de Información sobre Accidentes y Enfermedades de Trabajo Nacional 2001-2010, la siguiente tabla, en su último renglón observa que se elevaron los índices de incapacidades por motivos de respiración de gases de del 2009 al 2010, estos datos declaran accidentes de afectaciones respiratorias por humo y gas; Tabla No. 12

Información sobre accidentes y enfermedades de trabajo



Incapacidades Permanentes por Riesgos de Trabajo Según Naturaleza de la Lesión y Sexo, 2008-2010 Nacional

| Naturaleza de la Lesión | 2008 | | 2009 | | 2010 | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres |
| Hipoacusia conductiva y neurosensorial | 338 | 12 | 1,516 | 34 | 2,609 | 48 |
| Neumoconiosis | 167 | 5 | 785 | 6 | 2,598 | 34 |
| Amputación traumática de la muñeca y de la mano | 0 | 0 | 1,946 | 322 | 1,956 | 346 |
| Fractura a nivel de la muñeca y de la mano | 1,577 | 251 | 1,611 | 244 | 1,707 | 269 |
| Fractura de la pierna, inclusive el tobillo | 0 | 0 | 1,109 | 166 | 1,234 | 203 |
| Fractura del antebrazo | 0 | 0 | 718 | 227 | 836 | 277 |
| Herida de la muñeca y de la mano | 755 | 142 | 733 | 152 | 850 | 154 |
| Fractura del fémur | 0 | 0 | 494 | 62 | 600 | 72 |
| Afecciones respiratorias debidas a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas | 0 | 0 | 385 | 37 | 592 | 28 |

Fuente: Memorias estadísticas IMSS, 2008-2010

TABLA No. 12 | INFORMACION POR AÑO DE INCAPACIDAD POR RIESGO DE TRABAJO.

Todos los datos anteriores dan veracidad mediante entidades autorizadas que los eventos han ido en aumento dependiendo de la capacidad de la preparación de las empresas que manejan en sus procesos “gases peligrosos”.

Datos de eventos de peligrosidad que indican los daños a la salud de los trabajadores y dejan en claro que es de manera relevante tomar precauciones que eviten siniestros.

2.2 EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN.

Clasificación de riesgos:

La Ley Federal del trabajo en su artículo 473 define a los riesgos de trabajo como: “los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo”.

Ley Federal del Trabajo. México. Portal electrónico de la Secretaría de Gobernación. Recuperado el 24 de Enero de 2017 de

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España ha publicado una tabla que contiene la clasificación de riesgos laborales y se presenta a continuación:

En el artículo 3ero del Capítulo primero del Reglamento Federal de Seguridad y Salud se define así a los riesgos:

1.- Los contaminantes del Ambiente Laboral como: “los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones ambientales del Centro de Trabajo, que, por sus propiedades, concentración, nivel, así como tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud del Personal Ocupacionalmente Expuesto.

La exposición a contaminantes químicos es clasificada en una tabla del Reglamento Federal de Seguridad y Salud, como una enfermedad profesional, dentro de la clasificación de riesgos.

El Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) señala cuales son los tipos de agentes contaminantes y se muestran en la siguiente tabla 13.

| | |
|---|---|
| Sólido polvo Sólido humo Gaseosa neblina Gaseoso rocío Gases Vapores Fibras | |
| Tabla No. 13 | Tipos de agentes contaminantes con riesgos químicos |

Estrategias:

Evaluación de riesgos

Según la Comisión Europea se entiende como evaluación de riesgos a «el proceso de valoración del riesgo que entraña para la salud y seguridad de los trabajadores la posibilidad de que se verifique un determinado peligro en el lugar de trabajo». (Cortés, 2014).

La evaluación de riesgos tiene como objetivo identificar los peligros a los cuales los trabajadores están expuestos en el área de trabajo con la finalidad de establecer las medidas preventivas necesarias para prevenir accidentes y enfermedades de trabajo derivados de tales peligros.

Según Cortés, las fases de la evaluación de riesgos son cuatro:

- a) Identificación de peligros.
- b) Identificación de los trabajadores expuestos a los riesgos que entrañan los elementos peligrosos.
- c) Evaluar cualitativa o cuantitativamente los riesgos existentes.
- d) Analizar si el riesgo puede ser eliminado, y en caso de que no pueda serlo decidir si es necesario adoptar nuevas medidas para prevenir o reducir el riesgo.

Los cuales se sintetizan en:

- Análisis del riesgo, comprendiendo las fases de identificación de peligros y estimación de los riesgos.
- Valoración del riesgo, que permitirá enjuiciar si los riesgos detectados resultan tolerables.

Tipos de Evaluación de Riesgos:

Hoy en día existen diversos métodos para elaborar una evaluación de riesgos. El INSTH (siglas en español del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) establece que se pueden agrupar en cuatro grandes bloques:

- i. Evaluación de riesgos impuestos por legislación específica.
- ii. Evaluación de riesgos para los que no existe legislación específica, pero están establecidas normas internacionales, nacionales, o en guías de Organismos Oficiales u otras entidades de reconocido prestigio.
- iii. Evaluación de riesgos que precisa métodos especializados de análisis.
- iv. Evaluación general de riesgos.

Obligatoriedad de la norma:

Las normas mexicanas que establecen la obligatoriedad, responsabilidades y método para realizar una evaluación de riesgos en la empresa son: la NOM-048-SSA1-1993, referente al método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales y la NOM-030-STPS-2009, referente a los Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo: funciones y actividades.

NOM-048-SSA1-1993, referente al método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.

En el apartado 5 “Especificaciones” de esta norma enumera los requerimientos con los que debe contar la evaluación de riesgos.

Dicha estructura es aplicable tanto en la población general como aquella que está expuesta laboralmente al factor de riesgo.

El apartado 5 se presenta a continuación:

Norma Oficial Mexicana NOM-48-SSA1-1993 que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. México: Portal electrónico de la Secretaría de Salud recuperado el 16 de Marzo.

Especificaciones:

- Identificación precisa del establecimiento.
- Ubicación en mapa regional.
- Autorización de uso de suelo.
- Estudio geográfico, hidrológico, histórico y poblacional.
- Características de construcción, ventilación e iluminación (naturales y artificiales) del establecimiento.
- Descripción precisa de las operaciones y actividades que se realizan en el establecimiento, asociadas a un factor de riesgo.
- Identificación de agentes que pueden dañar la salud del hombre.
- Determinación de los medios por los que pueden propagarse los agentes identificados.
- Identificación de población expuesta dentro y fuera del establecimiento.
- Identificación de poblaciones sensibles al riesgo cercanas al establecimiento (comedores, escuelas, centros de reunión, iglesias, entre otros).
- Condiciones socioeconómicas y étnicas que influyen en el riesgo.
- Evaluaciones clínicas de la población laboralmente expuesta, según la Norma Oficial Mexicana correspondiente vigente y registros de salud en la población, relacionados con el riesgo a través de estadísticas de morbilidad y mortalidad o encuesta directa.

- Registros de salud en centros de atención cercanos y estudios epidemiológicos realizados.
- Identificación de los parámetros epidemiológicos sobre un patrón de salud-enfermedad de la población, ya sea en comparación con sus antecedentes o con otra población de características similares.
- Identificación de agentes físicos, químicos y biológicos en los diferentes medios.
- Determinación de facilitadores e inhibidores de los agentes identificados.
- Evaluación de los agentes físicos, químicos y biológicos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana correspondiente vigente.
- Registro mensual de monitoreo ambiental e individual de los agentes identificados de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana correspondiente vigente.
- Registro periódico de monitoreo de efecto a la salud. La periodicidad puede ser semanal, quincenal, mensual, semestral o anual dependiendo del agente investigado, el indicador biológico y el efecto a la salud identificado de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana correspondiente vigente.
- Las técnicas de evaluación y muestreo deben acreditarse ante el Sistema Nacional de Laboratorios de Prueba y deben realizarse por laboratorios de análisis que cuenten con control de calidad externa.
- Elaboración de mapa de muestreo para monitoreos ambientales.
- Identificación de los puestos en los que se realizó el monitoreo individual.
- Identificación de las personas en las que se realizó el monitoreo de efecto a la salud.
- Resumen y conclusiones que incluyen: Las implicaciones a la salud en el pasado, presente o futuro, con los datos epidemiológicos y características de exposición a los agentes de riesgo disponibles, aplicables a vías de exposición bien caracterizadas, dosis externa e interna encontradas, fuentes de exposición múltiple, sinergismo o potenciación, poblaciones sensibles presentes dentro o fuera de los

establecimientos, riesgo de daño agudo, subagudo o crónico, tipo de manifestaciones encontradas, entre otros.

NOM-030-STPS-2009, referente a los Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo determina sus funciones y actividades, de la siguiente manera.

Establece las funciones y actividades que deberán realizar los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir accidentes y enfermedades de trabajo. En el punto 6 de esta norma trata sobre el diagnóstico de seguridad y salud, especificando

El diagnóstico integral o por área de trabajo sobre las condiciones de seguridad y salud en el centro laboral, deberá considerar al menos la identificación de lo siguiente: las condiciones físicas peligrosas o inseguras que puedan representar un riesgo en las instalaciones, procesos, maquinaria, equipo, herramientas, medios de transporte, materiales y energía; los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo que, por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción, pueden alterar la salud de los trabajadores, así como las fuentes que los generan; los peligros circundantes al centro de trabajo que lo puedan afectar, cuando sea posible, y los requerimientos normativos en materia de seguridad y salud en el trabajo que resulten aplicables.

El diagnóstico de seguridad y salud en los centros de trabajo que cuenten con menos de cien trabajadores, podrá ser integral y contener al menos lo previsto en el punto anterior.

EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS

La evaluación general de riesgos comprende de las siguientes etapas según OHSAS.

OHSAS 18001 Evaluación de riesgos: tipos. México: portal electrónico del blog45001 ISO. Recuperado el 16 de marzo del 2017.

Según OHSAS 18001:

- Clasificación de las actividades de trabajo.
- Análisis de riesgos (comprendiendo identificación de los peligros y estimación de los riesgos).
- Valoración de riesgos.
- Control de riesgos (implantación y seguimiento).

De acuerdo al INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) de España.

Clasificación de las actividades de trabajo:

- 1) Análisis de riesgos.
- 2) Valoración del riesgo.
- 3) Control de riesgos.
- 4) Documentación.
- 5) Análisis de riesgos.

Cortés enlista una serie de peligros para identificarlos en las tareas que se señalan en la primera fase y son los siguientes, en la cual se encuentra sustancias que pueden inhalarse.

- Golpes y cortes.
- Espacio Inadecuado.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Incendios y explosiones.
- Sustancias que pueden inhalarse.
- Ambiente térmico adecuado.
- Condiciones de iluminación inadecuada, etc.

Posteriormente se estimarán los riesgos, para lo cual, será preciso valorar la severidad del daño o las consecuencias y la probabilidad de que el daño se materialice.

Valoración del riesgo.

La valoración del riesgo se obtiene de la identificación de tareas críticas. En el 37vo Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente del Consejo Colombiano de Seguridad Bogotá, Iván de la Rosa expuso el método para determinar la potencialidad de una tarea para producir pérdidas. La valoración se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento:

Primeramente, hay que agregar a la lista de tareas críticas a todas aquellas que tengan un historial de pérdidas, ya sea lesión personal, daño a la propiedad, pérdida por calidad o producción; además, se debe de incluir las tareas que tengan un potencial de pérdida grave, aun cuando no existan antecedentes históricos al respecto, para identificarlas se debieran formular las siguientes preguntas:

- i. ¿Puede esta tarea resultar en una pérdida grave mientras se está realizando si no se la ejecuta correctamente?
- ii. ¿Puede esta tarea dar como resultado una pérdida grave después de haber sido realizada si no se ejecuta correctamente?
- iii. ¿Cuán grave puede ser la pérdida? (¿Cuál puede ser la gravedad de las lesiones, el costo del daño, o el costo de la pérdida de calidad o producción?)
- iv. ¿Existe la probabilidad de que se vean afectadas otras personas o departamentos?)
- v. ¿Con qué frecuencia se espera que esto ocurra?

Control de riesgos (implantación y seguimiento):

El INSHT indica que después de haber realizado la evaluación se procede a hacer un inventario de acciones, con el fin de diseñar, mantener o mejorarlos controles de riesgos.

El instituto asevera que hay que tener en cuenta los siguientes principios:

- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Adoptar las medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

Así mismo nos exhorta a revisar el plan de actuación antes de su implantación, considerando lo siguiente:

- Si los nuevos sistemas de control de riesgos conducirán a niveles de riesgo aceptables.
- Si los nuevos sistemas de control han generado nuevos peligros.
- La opinión de los trabajadores afectados sobre la necesidad y la operatividad de las nuevas medidas de control.

2.3 DETECTOR DE GAS EN ESPACIO CONFINADO.

La Revista HSEC, reporta en su artículo que la exposición a gases tóxicos es una situación que se vive diariamente en numerosas industrias. En estos lugares, se

deben tomar medidas de prevención constantes para evitar situaciones que incluso pueden resultar en la muerte de una persona.

Ya sea en la industria minera, construcción, química o de servicios sanitarios, entre otras, siempre está presente el riesgo de inhalar gases tóxicos provenientes de diversos procesos productivos, como el monóxido de carbono (CO) y ácido sulfhídrico (H₂S), ambos letales y de constante presencia en cámaras de alcantarillado y otros ambientes.

Por ello, en estos espacios, se hace necesario contar con herramientas que permitan una detección oportuna.

De acuerdo a Carlos Vial, Gerente de Ventas de Safety Service, empresa distribuidora de detectores de gases, la tecnología de estos equipos ha mostrado una importante evolución en el último tiempo, desde los pioneros tubos colorimétricos que detectan la presencia de gases como el monóxido de carbono y otros, hasta equipos electrónicos que, además de indicar la cantidad del gas tóxico presente en el ambiente, alarman por medio de luces, sonido o vibraciones.

Vial explica que su funcionamiento se basa en un principio electroquímico:

“Los aparatos actuales poseen celdas sensoras que, al contacto con el gas, producen una diferencia exponencial de miliamperajes, los que pueden ser reconocidos en volumen porcentual o delimitadas en partes por millón”.

Además de los sistemas portátiles, el trabajo en ciertas industrias y procesos (como en el caso de plantas de amoníaco o cloro), requiere de sistemas fijos de detección instalados en espacios cerrados para contar con información constante de las condiciones ambientales del recinto.

En materia legal, las directrices sobre la utilización de detectores de gases se refieren a las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y establece los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y físicos para trabajadores.

Los sensores de medición son un elemento de protección personal (EPP), ya sea en las detonaciones de las mineras subterráneas, trabajos en alcantarillados, en industrias químicas o en espacios confinados, contar con dispositivos de alarma como los detectores de gases se hace indispensable.

El ejecutivo de Safety Service destaca la importancia que reviste el uso de estos aparatos, que actualmente son considerados como elementos de protección personal, lo que se facilita con los diferentes formatos actuales, como algunos modelos que pueden ser utilizados en la solapa de una chaqueta.

“Tal como lo es un casco, antiparras y guantes, estos detectores son un elemento más de EPP, permitiendo con sus alertas ejecutar los protocolos establecidos por las empresas”, explica.

En este sentido, es fundamental que los trabajadores tengan conocimiento del comportamiento de los gases de acuerdo a su densidad, además de ser capacitados en la interpretación de los instrumentos.

Por esta razón, aspectos como la rotación constante de personal o la falta de una capacitación adecuada, pueden ser factores que influyen negativamente en los riesgos de accidentabilidad por la inhalación de gases.

El impulso en la utilización de estas herramientas de medición y alarma, según Vial, se registraría a comienzos de la década del 2000, período en que se reforzaron las normativas y buenas prácticas de seguridad laboral.

Esto considera además la llegada a la industria de profesionales con formación universitaria especializada en prevención de riesgos, así como las estrictas medidas tomadas por la industria en materia de seguridad.

De este modo, aumentó la demanda y cayeron los precios de estos productos, ambos aspectos incidentes en su masificación.

Para una monitorización precisa del aire en trabajos de acceso a espacios confinados, Ex/Tox/Ox: Esta abreviatura representa los tres peligros que pueden estar presentes en la atmósfera debajo en un pozo o galería.

Al entrar en espacios confinados o en contenedores, los trabajadores deben estar seguros de que hay suficiente oxígeno y de que no hay concentraciones tóxicas o explosivas de contaminantes en el aire.

De acuerdo a supervisores de control y expertos en salud y seguridad laboral se debe analizar lo siguiente:

¿Cuáles son los gases peligrosos que hay dentro de las tuberías y en pozos?

¿Qué debe observarse durante la medición de los espacios confinados y los pozos

¿Qué métodos de medición son adecuados para zonas explosivas (Ex)?

En muchas empresas, es difícil evitar la formación de vapores de benceno, incluso en bajas concentraciones, sin embargo, sí se puede evitar que se desarrollen casos de cáncer por una exposición laboral a esta sustancia.

Pero se requiere un control preciso de la exposición mediante una estrategia de medición correcta.

En los últimos años ha aumentado el conocimiento sobre los efectos cancerígenos del benceno en el cuerpo humano.

La concienciación de la población entorno a este tema también ha crecido, al igual que los requisitos normativos para las empresas a fin de proteger a los empleados frente a la inhalación de vapores de benceno.

En la década de los 80, se admitía un límite de hasta 50 ppm. Hoy en día, límites inferiores plantean nuevos retos, los niveles de exposición de la media ponderada en el tiempo (VLA) son inferiores a 1 ppm y se reducirán aún más.

Estas estrictas directrices plantean un gran desafío para los responsables de salud, seguridad y medio ambiente de las organizaciones, puesto que son muy pocas las tecnologías con capacidad para indicar valores tan extremadamente bajos.

Afortunadamente, estos mismos responsables ya están adoptando medidas para evitar exponer a sus empleados a elementos cancerígenos siempre que sea posible.

La mejor estrategia de medición para su aplicación específica, la medición del benceno en el lugar de trabajo puede suponer la realización de tareas muy diversas, como, por ejemplo:

- ✓ Vaciar un tanque para trabajos de mantenimiento.
- ✓ medir el promedio de contaminación de una zona de trabajo.
- ✓ controlar el nivel de los valores pico temporales de exposición.

Por otra parte, cada empresa implementa las regulaciones de una forma distinta. Mientras que algunas compañías vacían todas las zonas de trabajo una vez al año, otras examinan los distintos puestos de trabajo y tratan de localizar con precisión los lugares donde la exposición alcanza sus valores máximos.

El objetivo es conseguir que las fases de trabajo críticas sean más seguras mediante el uso de técnicas y métodos organizativos, incluida la protección respiratoria adicional.

En cuanto a ventajas de los diferentes métodos, el caso de la medición de benceno, existe una diferencia entre los métodos selectivos y no selectivos.

Pueden obtenerse pruebas selectivas a partir de tubos detectores, chips y colectores de difusión, así como resultados de laboratorio.

Los detectores de fotoionización (PID), por otra parte, solo miden la suma de todos los hidrocarburos volátiles en el aire.

Por lo tanto, los PID deben combinarse con métodos selectivos, como se muestra en la Tabla 14.

| WHAT ARE THE FUNCTIONALITIES OF VARIOUS GAS DETECTION TECHNOLOGIES? | | | | | |
|---|--|-----------------------|----------------------|---------------|--------|
| Method | Is selective measurement possible? | Measurement range | On-site application? | Time factor | Costs |
| Laboratory | Yes | Practically unlimited | No | Several hours | High |
| PID (e.g. Dräger X-am® 7000) | In combination with benzene selective tube | From 1 to 2,000 ppm | Yes | 20 seconds | Medium |
| Detector tube Dräger-Tube® | Yes | From 0.25 ppm | Yes | 5 minutes | Low |

Tabla No. 14 | FUNCIONALIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE DETECCIÓN DE VARIOS GASES.

Por otro lado, cuando se realiza una medición de supervisión o control para garantizar que la entrada de los trabajadores en espacios confinados o contenedores es segura, puede hacerse en atmósferas de difícil acceso; por ejemplo, la parte inferior del tanque, o la zona más profunda de un pozo minero.

Para ello, se toma la muestra mediante sondas y tubos que conducen el aire del espacio confinado hacia el sensor del dispositivo de detección de gases.

Las sondas y las bombas son elementos que también se utilizan habitualmente para buscar fugas de gas.

Existen Detectores especiales de gases para áreas confinadas en el mercado, con detección de 1 hasta cinco gases, diseñados específicamente para monitorear espacios confinados, antes y después de la entrada.

Son los beneficios de las nuevas tecnologías adaptables al área de seguridad industrial, y cada vez crece la tecnología de sensores con especialidades para áreas diferentes o casos especiales, las cuales cuentan con la visibilidad de las lecturas de gas, la comodidad y la conectividad, incluso en las condiciones de trabajo más extremas.

Los diseños son cada tiempo, más especiales y detectan simultáneamente diferentes tipos de gases que debe monitorear en espacios confinados.

Además, hay diversos sensores, que abarcan otros modelos en base a ergonomía, calidad, respuesta, etc., para el gas de su elección.

De esta manera existen diversos sensores en el mercado industrial y pueden agregarse diversos niveles de protección para sus entradas de espacio confinado.

Que pueden tener las siguientes características especiales y más dependiendo del requerimiento de la industria.

- ✓ Pantalla grande y fácil de ver.
- ✓ Mayor conciencia situacional de reloj.
- ✓ Sensor de la serie 1 para una mayor fiabilidad.
- ✓ Gestión rápida de instrumentos.
- ✓ Monitorización remota para una capa adicional de protección.
- ✓ Altos estándares de calidad y fiabilidad del sensor.
- ✓ Rendimiento repetible sin alarmas molestas.
- ✓ Adecuaciones para trabajo en condiciones más extremas.
- ✓ Tiempo mayor de vida, hasta cinco años.

2.4 MEDIDORES DE GAS PARA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

De los medidores para prevención de riesgos para profesionales en taller o en servicio exterior, pueden ser diferentes sensores y cálculos basados en un microchip, el medidor de prevención de riesgo.

Los Medidores para prevención de riesgos laborales determina si la dosis máxima de radiación se sobrepasa o no.

Aparatos de esta clase forman parte de cualquier equipamiento de prevención de riesgos laborales para prevenir posibles daños a largo plazo, y ofrecer al trabajador seguridad en el ámbito del concepto de prevención de riesgos laborales.

La prevención de riesgos laborales son los medidores de gas, sea portátil o de instalación fijo, estos equipos miden continuamente la proporción de gas en ambiente y avisan en caso que se superen los valores límite establecidos (entre otros: ozono, oxígeno, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno o gases inflamables).

Esto permite que los trabajadores y compañeros estén siempre protegidos al encontrarse en zonas de peligro. Los contadores de partículas miden la densidad de las partículas de polvo en el ambiente, y por tanto previenen activamente contra los problemas respiratorios.

Detectan la carga de partículas nocivas y aerosoles en el ambiente, lo que le permite evitar respirar continuamente polvo fino tóxico (p.e. partículas de plomo) y aerosoles.

Estos equipos deben formar parte de los equipos de prevención de riesgos laborales en empresas con ambientes cargados de polvo, al igual que las mascarillas respiratorias.

Los equipos son necesarios en cualquier equipamiento de prevención y seguridad laboral para prevenir daños a largo plazo, y garantizarles a los trabajadores un concepto de seguridad laboral.

Equipo imprescindible desde el punto de vista de seguridad laboral, es el detector de gas.

Los medidores de prevención y seguridad laboral, sean detectores portátiles o equipos de instalación fija, miden el contenido de gas en la atmósfera y avisan cuando se sobrepasan los valores límite (ejemplo: ozono, oxígeno, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, o gases inflamables).

Así tendrá siempre protegido al personal en las zonas de riesgo. Los contadores de partículas miden la densidad de polvo en el aire, por lo que previenen de forma activa.

Detectan la carga de partículas nocivas y aerosoles en el aire, por lo que pueden evitar que una persona respire de forma continua partículas tóxicas (por ejemplo, polvo de plomo) y aerosoles.

Todos estos equipos deben formar parte del programa de prevención laboral, al igual que el uso de mascarillas en ambientes represivos.

CAPÍTULO III.
IMPORTANCIA DE ELECCIÓN DE SENSORES.

3.1 BASES PARA ELECCIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.

De acuerdo con las investigaciones anteriores de este trabajo, se requiere ciertos consejos de empresas y especialistas en materia de seguridad para elegir la compra adecuada de instrumentos de medición de gas.

Una medición exacta es absolutamente necesaria para garantizar un trabajo de calidad, que se traduciría en confianza para el trabajador y para la empresa.

Por lo cual se requiere que los instrumentos sean de prueba precisos y fiables, que sean herramientas esencialmente confiables en todo momento para lo cual fue adquirido.

Existen una amplia gama de productos, desde multímetros digitales reales hasta martillos de prueba de rebote de hormigón, entre otros.

Si el mercado de seguridad en materia de sensores de gas ofrece tantos instrumentos de medición para elegir, entonces se presenta la duda de la elección.

Los ingenieros de seguridad o los nuevos ingenieros egresados en diferentes especialidades no están especializados en éste ámbito es por ello que como primer paso se propone, los siguientes cuestionamientos, para coadyuvar a tomar decisiones en una elección atinada al sensor de gas que se requiera.

1. ¿Cómo se puede encontrar el adecuado equipo para la aplicación que se necesita?

En primer punto, es necesario definir los parámetros físicos químicos de la sustancia que deben medirse.

Apoyándose de las tablas de seguridad para los gases con los cuales se trabajará y apoyados de tablas en base a las normas de seguridad.

Cuando los parámetros no están definidos con tanta claridad, a menudo se pueden consultar los estándares o las mejores prácticas de las industrias en manejo y producción de gases para orientarnos.

Si la sustancia o el material que se va a medir es nuevo o aún no ha sido identificado, puede ser necesaria una variedad de instrumentos de prueba para determinar las características de la clasificación, si fuese el caso.

Por lo cual primero es identificar qué gas se requiere medir, y estar seguro de sus parámetros.

2. También se deberá tomar en cuenta lo siguiente.

¿Con qué frecuencia se utilizará el dispositivo?

Para los instrumentos de prueba que se utilizan diariamente, la fiabilidad es indispensable y primordial.

Lo peor que puede pasar y que arruinaría nuestros códigos de seguridad poniendo en riesgo a los trabajadores y empresa sería que el dispositivo esté fuera de servicio, especialmente cuando no hay ningún otro de respaldo disponible.

Por supuesto que la fiabilidad es importante incluso para los aparatos de medición que se utilizan esporádicamente.

La empresa que otorga el servicio o aparato de medición debe garantizar la fiabilidad de sus aparatos ofreciendo una garantía de dos años contra defectos de fabricación.

Debe tenerse suma importancia, ya que existen fabricantes de instrumentos de prueba que sacrifican la fiabilidad y otras características para ahorrar en costos.

3. Lo anterior da consecuencia a preguntarse o siguiente

¿Qué características se necesita en sensor?

Cada dispositivo tiene sus propias características, de acuerdo a lo que se requiera, y consta de lo que ofrezca el equipo, el cual se debe tener en consideración, para no quedarse sin alguna aplicación que se requiera posteriormente, y hacer un gasto en vez de una inversión en un equipo con los requerimientos completos.

Por ejemplo, algunos equipos cuentan con Memoria de datos:

Un aparato puede o no tener la capacidad de guardar datos acerca de las mediciones que realiza. Si un instrumento de prueba tiene memoria, ésta puede encontrarse internamente (es decir, integrada en el dispositivo) o en una tarjeta SD extraíble.

El tamaño de la memoria puede variar. Por ejemplo, si un dispositivo está destinado a ser utilizado para la monitorización a largo plazo, el tamaño de la memoria será mucho mayor, ya que el instrumento necesitará almacenar más datos de medición.

Si un dispositivo sólo está diseñado para tomar lecturas in situ, el tamaño de la memoria será significativamente menor.

También puede contar con Registro de datos:

Esta característica permite la monitorización a largo plazo. Las mediciones se toman en un intervalo específico (por ejemplo, una vez cada segundo, dos veces por minuto, etc.) durante un período de tiempo.

A menudo, la frecuencia y la duración del intervalo son ajustables y pueden programarse para satisfacer las necesidades únicas de la aplicación.

Posterior a capturar cada medición, se guarda y almacena en la memoria un registro con la fecha y la hora.

Algunos cuentan con Interfaz de datos: Para transferir datos de medición a una PC, impresora, ordenador portátil o smartphone, se requiere una interfaz de datos en la mayoría de los dispositivos.

Las interfaces de datos comunes que suelen estar disponibles en los aparatos son: USB, RS-232, RS-485 o Bluetooth.

Sin embargo, los dispositivos con memoria de tarjeta SD extraíble son una excepción.

Este último tipo de dispositivos no requiere necesariamente una de las interfaces de datos antes mencionadas para transferir datos de medición, ya que la propia tarjeta SD es el vehículo para la transferencia. La tarjeta SD se puede colocar en un lector de tarjetas.

También algunos cuentan con Filtro:

Algunos dispositivos ofrecen la posibilidad de filtrar el valor medido que se visualiza.

Se debe tener en cuenta características importantes como Nivel de servicio y soporte:

El proveedor del dispositivo debe proporcionar diferentes niveles de servicio. Diferentes proveedores de aparatos proporcionan diferentes niveles, así que para saber qué tipo de soporte estará disponible para usted como cliente, se deberá llamar al proveedor y hablar con el equipo de soporte técnico.

Esto deberá ser antes de comprar para ver por sí mismo el nivel de servicio que se le proporciona.

Se debe investigar también cuánto tiempo lleva el proveedor en el negocio en el ramo de la experiencia, cuanto mayor sea el tiempo de permanencia de la empresa, más probable es que se pueda pedir piezas de repuesto unos años después de comprar el instrumento de prueba.

Existen muchos productos de detección de gas que, aparentemente, pueden ser iguales, pero con una inspección más exhaustiva de las especificaciones, la funcionalidad y las características revelan diferencias importantes en la acción de los productos y el valor potencial que pueden ofrecer.

Del mismo modo, las aplicaciones individuales también son exclusivas en los diseños, las necesidades y los procesos respectivos a los que se someten.

Se debe conocer los riesgos del sitio, antes de comenzar a analizar un equipo de detección de gas, es necesario realizar una evaluación de riesgos.

Cualquier empresa que tenga personal a cargo tiene la obligación de realizar evaluaciones de riesgos para identificar los posibles peligros, que pueden incluir riesgos potenciales de insuficiencias de gas, vapor u oxígeno.

Si se identifican peligros relacionados con el gas, la detección de gas se aplica como un método de reducción de riesgos

Debe identificarse el objetivo principal, según los procesos que se lleven a cabo y los gases que se detecten, es probable que también se requiera una notificación de alarma a distancia o fuera del sitio, además del registro o elaboración de informe de los datos del evento para los registros de gestión de salud y seguridad.

Otro factor que tiene un impacto en la necesidad de funciones de elaboración de informes mejoradas puede ser el cumplimiento reglamentario o una situación de seguro.

Una vez que se haya identificado el objetivo principal, el equipo adecuado se selecciona mediante la formulación de varias preguntas clave.

Dichas preguntas se clasifican en tres categorías amplias:

- Los gases que se detectarán y dónde se originan.
- La ubicación y las condiciones ambientales del lugar donde se realizará la detección.

- La facilidad de uso para los operadores y el personal que realiza el servicio técnico de rutina.

Identificar los gases que se detectarán y dónde se originan.

Los gases que se detectarán deben identificarse en la evaluación de riesgos; no obstante, los fabricantes experimentados de equipos de detección de gas y sus distribuidores autorizados a menudo pueden ayudar en este proceso, según su experiencia en aplicaciones similares.

Es importante tomar en cuenta que el usuario es responsable de identificar todos los peligros potenciales.

Es fundamental detectar la posible fuente de emisión de gas ya que esto ayuda a determinar la cantidad y la ubicación de los detectores requeridas para un sistema de detección de gas fijo.

Es importante tener en cuenta las condiciones ambientales, ya que; el servicio, la precisión y la confiabilidad de cualquier equipo de detección de gas se verán afectados por las condiciones ambientales a las que se lo exponga.

Los niveles de temperatura, humedad y presión del lugar tienen una importancia directa en el tipo de equipo que se debe elegir.

Otros factores, como posibles variaciones que resultan de un mismo proceso de fabricación, fluctuaciones diurnas o nocturnas y cambios estacionales, también pueden afectar el tipo de dispositivo que sea adecuado.

Debe informarse sobre la funcionalidad del producto, porque la próxima área de consideración está relacionada con otra funcionalidad del producto.

Algunos aspectos, como la configuración del cableado, son importantes, especialmente cuando se lo reacondiciona en una aplicación existente.

Si el aparato se integra en un sistema de seguridad separado, es probable que se necesiten determinados protocolos de comunicación, como HART®, Lonworks o Modbus®.

También es importante tener en cuenta el requisito de agregar pantallas locales en las unidades del transmisor, la configuración local de la unidad y las pantallas de gas.

Debe evaluarse la facilidad de uso para los operadores y el personal de servicio técnico de rutina, el mantenimiento de rutina es otra consideración de máxima importancia.

Algunos gases y vapores pueden detectarse con una cantidad de tecnologías de detección diferentes, como, por ejemplo, los gases de hidrocarburos con perlas catalíticas o el infrarrojo no dispersivo (Non-dispersive Infrared, NDIR).

Las perlas catalíticas no proporcionan un funcionamiento a prueba de fallas y, por lo tanto, pueden requerir un mantenimiento de rutina de alta frecuencia; no obstante, las soluciones basadas en el NDIR tienden a tener un precio de compra inicial más alto, pero pueden requerir menos mantenimientos de rutina.

Es necesario identificar el recurso interno para llevar a cabo dicho mantenimiento de rutina y, ante la ausencia de dicho recurso, la elaboración de un presupuesto para el mantenimiento por parte de terceros es un factor importante en la selección del equipo adecuado.

3.2 CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS.

Las palabras confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, forman parte de la cotidianidad del mantenimiento de una empresa industrial.

Si se analiza la definición moderna de mantenimiento, se verifica que la misión de éste es “garantizar” la disponibilidad de la función de los equipos e instalaciones, de tal modo que permita atender a un proceso de producción o de servicio con calidad, confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente y costo adecuado.

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación.

Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

Para que se tenga confiabilidad en equipos y sistemas, no se debe olvidar que esto requiere necesariamente inversión de capital.

La confiabilidad por tanto será obtenida, por ejemplo, a través de más material, o sea, mayor espesor o dimensión, mejores materiales o manteniendo equipos de reserva para que actúen como substitutos, en el caso de que falle el equipo principal.

Este trabajo de investigación, ayuda a tener una visión más clara sobre la selección de sensores de medición de gases tóxicos, a estudiantes de ingeniería.

Existen varios tipos de sensores según la utilización que se le desee dar.

Los sensores de gas se diferencian según el gas a medir, la funcionalidad (p.e. con salida analógica, salida de relé...) o según el tipo de pantalla, de forma que existen sensores con pantalla incorporada (como indicador in-situ) o sin pantalla.

Existen sensores de gas para casi todos los gases:

Metano, propano, butano, pentano, LPG, etanol, etileno, hidrógeno, acetileno, gasolina (sin plomo), fosfina, oxígeno, ozono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, cloro, amoníaco.

También existen diseños y armado de sensores de gas bajo pedidos, por algunas empresas.

Los sensores sin pantalla se aplican en combinación con una pantalla externa o una instalación de detección de gas, y los sensores de gas que trabajan sin relé de alarma interno.

Detectores portátiles.

A partir de la monitorización personal en el lugar de trabajo para la detección de fugas o medidas de supervisión y control, los detectores portátiles de gas sirven para una gran variedad de aplicaciones de medición.

Por eso es importante, a la hora de comprar un detector de gases, considerar qué tipo de dispositivo es el más adecuado para dar respuesta a las necesidades.

Los dispositivos de protección personal suelen ser pequeños, compactos y se acoplan directamente a la ropa del usuario.

Suelen funcionar en modo de difusión pasiva. Eso significa que los gases de la atmósfera circundante penetran en las membranas hasta llegar a los sensores del dispositivo de detección de gases.

Utilizar una bomba externa para facilitar el flujo de aire hacia el sensor no es útil en este caso, porque los sensores difícilmente pueden recibir entradas adicionales de aire.

Los caudales de las bombas existentes son demasiado bajos para aumentar significativamente el rango de detección del dispositivo.

3.3 IMPORTANCIA DE LA INSTALACIÓN.

La fiabilidad de un sistema de detección de gases no solo depende de las propiedades y el funcionamiento del equipo, sino también depende de la instalación, manejo y mantenimiento – y especialmente de la correcta colocación de sensores.

Naturalmente, los sensores solo pueden detectar gas si el sensor está dentro de la nube de gas.

La colocación incorrecta del sensor resulta en un sistema de detección de gases inútil.

Las fugas de gas se pueden producir por ejemplo cuando gases fríos licuados y/o presurizados son expulsados al ambiente, y se mezclan con el aire.

Su concentración disminuye, y la dispersión de gas depende más de las condiciones de temperatura actuales y la convección del aire que de la densidad del gas puro.

Tres reglas básicas:

- Solo hay tres gases inflamables que son considerablemente más ligeros que el aire: hidrógeno (H_2), amoníaco (NH_3), y metano (CH_4). Mezclas normales de estos gases se elevan.

- Vapores de líquidos inflamables son más pesados que el aire – fluyen hacia abajo siempre que no sean alterados por la convección del aire.

- Independientemente de la densidad del gas puro, concentraciones de gas de menos de 1000 ppm en aire virtualmente tienen la misma densidad que el aire.

La dispersión de concentraciones como esta seguirá, bastante el perfil de temperatura actual y la convección del aire.

Estrategia de colocación:

Seguramente la manera óptima es colocar los sensores lo más cerca posible de la fuga potencial.

Las fugas pueden surgir en bombas, válvulas, tubos flexibles y sus conexiones, en bridas, dispositivos de cierre, fuelles, etc.

Si estas ubicaciones no pueden ser fácilmente detectadas, hay que repartir sensores por toda la zona peligrosa (monitorización de zona).

Es esencial que el gas alcance el sensor en condiciones operativas en un intervalo de tiempo dado.

Las condiciones locales de las distintas zonas peligrosas son tan diferentes que no existen estándares reguladores de donde situar un sensor, pero existen directrices convenientes (por ejemplo, EN 50073 o IEC 60079-29-2).

En una primera aproximación los sensores de gas no miden directamente concentraciones de gas: sensores electroquímicos miden cambios de flujo de electrones, sensores de perla catalítica miden cambios de resistencia, y detectores IR miden cambios de intensidad de radiación IR en el cercano infrarrojo.

Estos cambios siempre se refieren a condiciones normales (aire limpio) que se llama punto cero porque no hay presencia de gas.

Solamente mediante la calibración es posible correlacionar cierta concentración de gas a cierta señal de salida, resultando un equipo de detección de gases.

3.4 UBICACIÓN CORRECTA DE LOS DETECTORES.

Para tener una ubicación correcta de los detectores se tiene que realizar las siguientes dos de las preguntas más habituales sobre los sistemas de detección de gas, y probablemente dos de las más difíciles de responder.

1.- ¿Cuántos detectores necesito?"

2.- ¿Dónde debo colocarlos?"

A diferencia de otros tipos de detectores relacionados con la seguridad, como los detectores de humo, la ubicación y cantidad de detectores requeridos en diferentes aplicaciones no está claramente definido.

En normas como la EN 60079-29-2, se pueden encontrar pautas muy útiles para la selección, la instalación, el uso y el mantenimiento de aparatos para la detección y medida de oxígeno o gases combustibles.

Los códigos de prácticas internacionales similares como, por ejemplo, el Código eléctrico nacional (NEC) o el Código eléctrico canadiense (CEC), pueden utilizarse donde sean aplicables.

Además, algunos organismos reguladores publican especificaciones que proporcionan requisitos de detección de gas mínimos para aplicaciones específicas.

Estas referencias son útiles, pero tienden a ser muy genéricas y, por tanto, demasiado generales en los detalles o específicos de aplicaciones y, por consiguiente, irrelevante en la mayoría de las aplicaciones.

La ubicación de los detectores debe efectuarse de acuerdo con el consejo de expertos con conocimientos especializados en dispersión de gases, apoyado en el conocimiento de técnicos de proceso y equipos y personal de seguridad.

El acuerdo alcanzado sobre la ubicación de los detectores deberá ser también registrado.

Los detectores deberán instalarse allí donde se considere más probable la aparición de gas.

Las ubicaciones que requieren la máxima protección en una planta industrial deberían encontrarse en torno a calderas a gas, compresores, depósitos de almacenamiento presurizados, cilindros o tuberías.

Las zonas donde es más probable que se produzcan fugas son las válvulas, los indicadores, las bridas, las juntas en forma de tes, las conexiones de llenado o drenaje, etc.

Hay varias consideraciones sencillas y a menudo bastante obvias que ayudan a determinar el lugar más adecuado para colocar un sensor.

Ubicación del detector:

- Para detectar gases más ligeros que el aire (por ejemplo, el metano y el amoníaco), los detectores deben montarse a una altura elevada y, preferiblemente, con un embudo recolector.

- Para detectar gases más pesados que el aire (por ejemplo, el butano y el dióxido de azufre), los detectores deben montarse a nivel del suelo.
- Tenga en cuenta cómo se comportará un escape de gas por la acción de corrientes de aire, forzadas o naturales. Monte los detectores en conductos de ventilación si es adecuado.
- Al elegir la ubicación de los detectores se deben tener en cuenta los posibles daños causados por agentes naturales como la lluvia o las inundaciones.
-
- Para los detectores montados en exteriores es preferible utilizar el montaje de protección contra la intemperie.
- Utilice una protección contra el sol para el detector si coloca un detector en un clima cálido y en exposición directa al sol.
- Tenga en cuenta las condiciones del proceso. El butano y el amoníaco, por ejemplo, son normalmente más pesados que el aire, pero si se liberan desde una línea de proceso a alta temperatura o baja presión, el gas puede elevarse en lugar de descender.
- Los detectores se deben colocar un poco alejados de las piezas de alta presión para permitir que se formen las nubes de gas. De lo contrario, es probable que una fuga de gas pase de largo en un chorro de gran velocidad y no se detecte.
- Tenga en cuenta la facilidad de acceso para conseguir unas pruebas y un mantenimiento funcionales.

- Los detectores deben instalarse en la ubicación designada con el detector apuntando hacia abajo. Así se asegurará que el polvo o el agua no se acumulen en la parte delantera del sensor e impidan la entrada del gas en el detector.
- Cuando se instalen dispositivos infrarrojos de camino abierto, es importante asegurarse de que no hay una obstrucción o bloqueo permanentes del haz infrarrojo. Se admiten obstrucciones de duración breve debidas a vehículos, personal del emplazamiento, pájaros, etc.
- Asegúrese de que las estructuras en las que se montan los dispositivos de camino abierto sean sólidas y no susceptibles a las vibraciones.

Consideraciones básicas para la instalación de sistemas fijos:

Si el aparato o cualquier componente auxiliar se instalan en una ubicación peligrosa (es decir, área `` clasificada " o `` zonificada "), deben ser adecuados para el área en la que están instalados y tan marcados.

Se utilizan comúnmente tres tipos principales de sistemas fijos.

a) Sistemas que consisten en sensores remotos conectados a los equipos de alarma y control mediante cables eléctricos.

Estos sistemas son los más adecuados para la mayoría de las aplicaciones industriales.

Un sistema de este tipo debería, en general, ser instalado para poder monitorear continuamente cada parte de la planta u otras instalaciones donde haya gases inflamables puede acumularse accidentalmente.

Debe ser capaz de dar la advertencia más temprana posible de una liberación accidental o acumulación de gas dentro de los límites prácticos del sistema, por ejemplo, en relación con el número y la ubicación de los sensores.

b) Sistemas consistentes en aparatos de muestreo.

Estos sistemas se utilizan cuando se aplican condiciones de proceso relativamente estáticas, y la respuesta rápida es menos importante.

La principal ventaja es que pueden permitir que todas las partes eléctricas del aparato se ubiquen fuera del área peligrosa, con solo tubos de filtros, etc., dentro de él y un adecuado para llamas en la interfaz.

c) Sistemas de trayectoria abierta / línea de visión.

Estos sistemas tienen requisitos especiales, limitaciones y características que no entran dentro del alcance de esta norma.

Tales sistemas generalmente emplean una técnica infrarroja, donde el emisor y El sensor se instala en los extremos opuestos de una ruta de "línea de visión" que atraviesa un área.

Se puede usar un espejo en un lado del área para que el emisor y el sensor puedan estar adyacentes en el otro lado, y sean posibles otras configuraciones.

Ubicación de los puntos de detección:

El objetivo principal de la ubicación, es que los sensores y los puntos de muestreo se coloquen de manera que el gas se detecte antes de que creen un peligro significativo.

Los sensores y puntos de muestreo deben ubicarse en posiciones determinadas en consulta con aquellos que tienen un conocimiento de la dispersión de gas, aquellos

que tienen conocimiento del sistema de planta de proceso y el equipo involucrado, y personal de seguridad e ingeniería.

Esta determinación debe considerar:

- a) La combinación de fuentes de liberación con efectos de propagación.
- b) Las fuentes de liberación pueden estar dentro de nuestras estructuras de confinamiento exteriores, edificios, etc.
- c) Lo que puede suceder en los puntos de acceso, como puertas, ventanas, túneles, trincheras, etc.
- d) Condiciones ambientales locales.
- e) Salud y seguridad ocupacional.
- f) Acceso para mantenimiento incluyendo calibración y verificación, y protección del sistema contra riesgos operacionales de la planta.

Las decisiones tomadas sobre la ubicación de los sensores y los puntos de muestreo deben registrarse en un expediente de seguridad para la planta

Importancia de las consideraciones generales del sitio.

Donde solo es necesario detectar el escape de gas dentro de un área determinada, entonces los sensores o puntos de muestra se pueden colocar en intervalos alrededor del perímetro del sitio.

Sin embargo, dicho acuerdo puede no proporcionar una advertencia anticipada de una liberación.

Este arreglo puede usarse, tomando en cuenta que en general, una sola descarga puede causar un peligro significativo para el personal o la propiedad dentro del perímetro de sí mismo.

Los sensores o puntos de muestra deben ubicarse cerca de cualquier fuente potencial de liberación importante de gas, aunque para evitar molestias alarmas, los puntos de detección generalmente no deben ubicarse inmediatamente adyacentes a los equipos que pueden producir intrascendente fuga menor en funcionamiento normal.

En general, en sitios abiertos se pueden dispersar fugas menores sin causar un riesgo acumulación.

Los sensores también deben ubicarse en todas las áreas donde puedan ocurrir acumulaciones peligrosas de gas.

Tales áreas pueden no necesariamente estar cerca de posibles fuentes de liberación, pero podría, por ejemplo, ser áreas con movimiento de aire restringido. Más pesados que los gases del aire particularmente probable que fluya como un líquido y se acumule en bodegas, hoyos y trincheras si están presentes.

Del mismo modo, más ligero que el aire.

Se pueden acumular gases en las cavidades superiores.

Si hay un movimiento significativo de aire ambiente, o si el gas se libera en espacios cerrados, entonces se modifica el comportamiento del gas.

El comportamiento de los gases después de una liberación es complejo y depende de muchos parámetros.

Sin embargo, conocimiento de la influencia de estos parámetros no es suficiente, en la práctica, para predecir el alcance y / o la velocidad de acumulación de una atmósfera inflamable.

La predicción puede mejorarse mediante:

- 1) La aplicación de reglas empíricas generalmente aceptadas desarrolladas por expertos, basadas en su experiencia pasada.
- 2) Experimentación *in situ* para simular y describir con precisión el comportamiento de los gases. Esto incluye el uso de tubo de humo. Pruebas, lecturas de anemómetro o técnicas más detalladas, como el análisis de gases trazadores.
- 3) Simulación numérica de dispersión de gas.

En general, los sensores deben ubicarse por encima del nivel de las aberturas de ventilación y cerca del techo para la detección de gases más ligero que el aire, y debajo de las aberturas de ventilación y cerca del piso para la detección de gases más pesados que el aire.

Cuando sea necesario detectar la posible entrada de gas o vapor en un edificio o recinto desde una fuente externa, los sensores deben ubicarse junto a las aberturas de ventilación.

Estos sensores deben ser adicionales a los necesarios para la detección de liberaciones dentro del edificio o recinto.

Si los techos o pisos están compartimentados por equipos u otras obstrucciones, se deben instalar sensores en cada compartimento.

Condiciones ambientales a considerar:

Los aparatos fijos, o más particularmente sus sensores, pueden estar expuestos a una amplia gama de condiciones ambientales por muy largos períodos de tiempo.

Se debe tener mucho cuidado en la selección y ubicación de este aparato en relación con la probabilidad de condiciones ambientales que se aplican en uso normal y anormal.

Condiciones climáticas adversas:

Los sensores ubicados en sitios al aire libre y estructuras abiertas pueden estar sujetos a condiciones ambientales severas, y la cuenta debe ser tomado de estas condiciones en todo momento.

Por ejemplo, los vientos fuertes pueden causar la deriva de la lectura cero.

Los vientos fuertes incluso pueden causar aparente pérdida transitoria de sensibilidad durante la calibración debido a la dilución del gas de calibración que se detecta, si se utiliza el equipo de calibración normal del fabricante.

Para aplicaciones de vientos fuertes, se debe consultar al fabricante sobre estos puntos.

Se debe tener mucho cuidado en la ubicación de los sensores en sitios expuestos, y se deben tomar medidas adecuadas de protección contra el clima, proporcionado para el sensor.

El vapor, la lluvia, la nieve, el hielo y el polvo, etc. también pueden afectar negativamente a los sensores.

Ciertos materiales, aunque de lo contrario es adecuado para líneas de muestra o protectores climáticos, puede deteriorarse por la luz solar u otras condiciones ambientales.

Los sensores ubicados en edificios o recintos generalmente no están expuestos a condiciones climáticas adversas.

Consideraciones de temperaturas ambientales excesivas:

Todos los sensores, puntos de muestreo y aparatos deben montarse en áreas que garanticen el cumplimiento de las normas del fabricante. especificaciones de temperatura de funcionamiento.

Cuando hay temperaturas ambiente excesivamente altas o bajas, el detector puede estar operando fuera del rango de temperatura especificado por el fabricante, y errores de detección y sensor reducido.

Además, tanto a niveles excesivamente altos como bajas temperaturas, el aparato ya no puede cumplir con su certificación de área peligrosa.

Por ejemplo, el electrolito en muchos sensores electroquímicos que funcionan a temperaturas muy inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ puede estar limitado por congelación.

Las aplicaciones portátiles pueden sortear esta limitación manteniendo el detector en un área cálida cuando no esté en uso.

En general, debe evitarse la colocación de detectores de gas directamente sobre fuentes de calor, como hornos y calderas, y se debe elegir una posición adecuada a una altura adecuada lejos de la fuente de calor.

En aplicaciones tropicales y subtropicales, los sensores y aparatos externos deben protegerse de la luz solar directa, ya que esto puede elevar equipo temperaturas arriba 65°C incluso con ambiente temperaturas alrededor 40°C .

El normal máximo para peligroso área peligrosa área certificación esta 40°C y el para el máximo rendimiento con IEC 60079-29-1 es 55°C , a menos que se especifique lo contrario en el certificado.

Efectos de vibración:

Donde se espera vibración, particularmente para aparatos montados en maquinaria, se debe tener cuidado para asegurar que haya sido diseñado para soportar vibraciones, o que se proporcionan montajes de aislamiento de vibraciones adecuados.

Uso de sensores en atmósferas corrosivas:

Deben tomarse precauciones para proteger los sensores del daño resultante de la exposición a atmósferas corrosivas (por ejemplo, amoníaco, neblina ácida, H_2S , etc.).

Se debe tener especial cuidado para proteger el cableado (y otros componentes hechos de cobre o latón) si puede haber amoníaco, ya que puede causar corrosión severa y fallas eléctricas.

Protección mecánica:

Sensores montados en posiciones donde pueden estar expuestos a daños mecánicos (por ejemplo, por operaciones normales de la planta o el uso de equipos móviles, como montacargas), deben protegerse adecuadamente sin impedir el libre flujo de aire a su alrededor.

Si necesario, se deben obtener recomendaciones del fabricante.

Inmunidad electromagnética:

Se deben incorporar las precauciones apropiadas, como el uso de cables apantallados al instalar el cableado completo al sistema (incluido el de los controles de ventilación, etc.) para garantizar que el sistema total esté adecuadamente protegido de los efectos de interferencia electromagnética.

Manquera hacia abajo:

La práctica de "purgar" una planta puede causar una degradación severa de los sensores de gas y contaminar las líneas de muestreo.

Debería, por lo tanto, se debe evitar si es posible. Si no puede evitarse, los sensores deben protegerse contra esto, sin impedir el libre flujo de aire a su alrededor. Esto puede ser un problema complejo.

En caso de contaminantes en el aire y otros contaminantes:

Los sensores no deben exponerse a contaminantes en el aire que puedan afectar negativamente su funcionamiento.

Por ejemplo, los materiales que contienen siliconas u otros venenos conocidos no deben usarse donde catalíticos o semiconductores Los sensores están instalados.

El polvo, los aerosoles y nieblas húmedos, aceitosos o adhesivos, o las gotas condensadas pueden bloquear los elementos clave. como las pantallas de difusión de sensores, o líneas de muestra y sus filtros, causando pérdida de sensibilidad o función.

Esto tiene una consecuencia aún mayor si ambos están mojados y materiales sólidos están presentes para formar pastas. Esta contaminación puede requerir una limpieza regular o un mantenimiento similar, extracción de muestras y filtración especial puede ser requerida en casos extremos.

Hay muchos ejemplos en los que la pintura en exceso o la pintura deliberada han sido responsables del fallo de los sensores. Esto requiere cierta educación del personal de mantenimiento.

Se debe tener cuidado para evitar la condensación de agua en las pantallas de difusión y en las líneas de muestra. Donde hay muestras de alta humedad involucrado, esto puede requerir el calentamiento de partes críticas o la eliminación deliberada de agua condensada en trampas, filtros coalescentes, etc.

Hay problemas particulares en los que un vapor de interés puede condensarse (o el líquido puede entrar en contacto con) pantallas de difusión, filtros o líneas de muestra. Este tipo de contaminación conducir a señales incorrectas y engañosas hasta el último rastro de Se elimina la contaminación. Esto puede ser extremadamente peligroso. Si este tipo de contaminación es posible, la única solución puede ser calentar los componentes que entran en contacto con la muestra.

3.5 CALIBRACIÓN DETECTORES DE GASES.

La calibración es extremadamente importante. Obviamente, equipos de detección de gases no pueden medir adecuadamente si no han sido calibrados adecuadamente.

Mientras que la calibración de cero es bastante sencilla porque en general se puede utilizar aire ambiente para ello, la calibración de la sensibilidad (llamada calibración span) no es tan trivial.

Por la misma razón que los sensores electroquímicos pueden detectar gases reactivos, deben ser calibrados utilizando gases reactivos. Pero desafortunadamente muchos gases reactivos también reaccionan con material húmedo de las superficies y plásticos.

Aunque desde el punto de vista de seguridad se recomienda realizar la calibración del span con el gas (que debe ser detectado) existen varias razones para usar un gas de prueba sustituto fácil de usar para una calibración cruzada.

Si una variedad de gases o vapores deben ser detectados por un solo sensor, el equipo debe ser calibrado para la sustancia que el sensor es menos sensible.

De este modo, el detector es calibrado hacia el lado seguro, porque todas las concentraciones de gas son medidas correctamente o como demasiado sensible.

La sensibilidad del sensor para ciertos gases no se puede calcular de datos específicos del gas, sin embargo, solo puede ser determinada aplicando gas y evaluando la respuesta.

Para conseguir una buena medición, la calibración debe ser realizada lo mejor posible en las condiciones esperadas durante el funcionamiento.

Cámara de calibración para líquidos inflamables:

Para obtener una concentración en % LEL dada por vapores inflamables se recomienda utilizar una cámara de calibración, donde hay que introducir cierta cantidad calculable de líquido (por ejemplo 100 microlitros).

Después de una evaporación completa se forma una concentración de por ejemplo 50 % LEL que puede ser aplicada directamente en el sensor.

Acceso para calibración y mantenimiento:

Los sensores y los puntos de muestra deben ser fácilmente accesibles para permitir la calibración regular, el mantenimiento y la seguridad eléctrica. inspección. Debe ser posible acceder y ajustar todos los accesorios o equipos de prueba necesarios para estas operaciones en la detección punto.

Cuando la ubicación del sensor hace que esto sea difícil (por ejemplo, cuando es alto y sobre maquinaria), un sistema de descenso del punto de detección, un sistema de polea o brazo oscilante para obtener acceso puede ser practicable.

Obviamente, el cableado o el tubo de muestra deben ser flexibles o pivotado para permitir este arreglo. La disposición debe permitir preferiblemente que la orientación del sensor original se conserve para calibración.

Si es imposible lograr un acceso directo regular al sensor, entonces, como requisito mínimo, alguna forma de gas remoto se debe proporcionar una instalación de calibración.

CAPÍTULO IV.
BENEFICIOS DE INVERSIÓN EN LA SEGURIDAD LABORAL.

4.1 CARACTERISTICAS DE SENSORES DE MAYORES NIVELES DE SEGURIDAD.

La detección industrial permanente de gases combustibles y/o tóxicos tradicionalmente se efectúa mediante la instalación de sensores puntuales con diversas tecnologías que se activan cuando el gas les rodea, o bien, para los gases inflamables, una barrera formada por un emisor de rayos infrarrojos captados por un receptor a distancia, el cual emite una señal cuando la nube de gas la cruza, sistema detector denominado de haz abierto.

Normalmente se utiliza la combinación de ambos sistemas detectores en grandes superficies.

A continuación, se detalla el sistema detector de gases que incorpora sensores con avanzada tecnología, cuya principal característica es su fiabilidad e inmunidad a condiciones ambientales adversas, con mantenimiento prácticamente nulo y vida indefinida.

Los sistemas corresponden a la última generación de equipos detectores, proporcionando una monitorización continua del gas en el aire ambiente que envuelve al sensor.

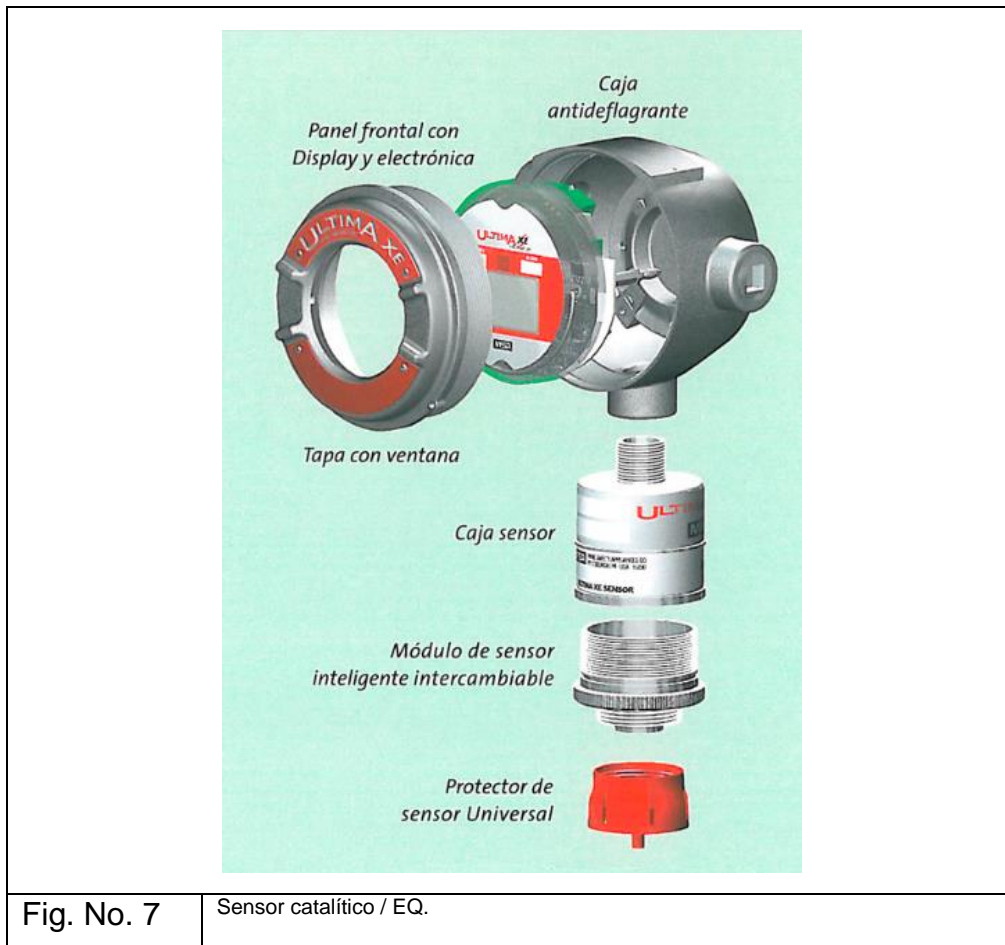
La carcasa antideflagrante que contiene la electrónica se alimenta por 24V, con una señal de salida de 4 a 20 mA e incorpora una pantalla LCD de fácil lectura (muestra la medida y el tipo de gas) con Leds de estado y/o relés de salida opcionales.

Se dispone de dos modelos, conforme a la tecnología del sensor incorporado:

Sensor tipo A, apto para combustibles, tóxicos y la deficiencia de oxígeno.

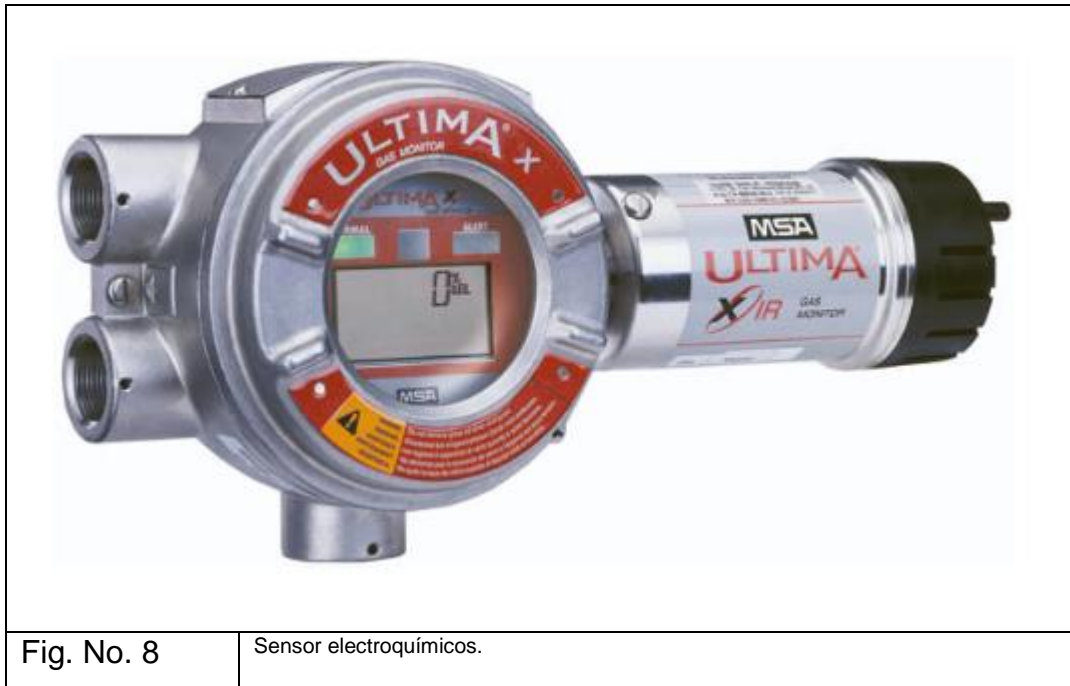
- Sensor de combustibles, cuya tecnología se basa en la combustión catalítica mostrado en la figura número 7, del gas o vapor para detectar su presencia

en el aire hasta el Límite Inferior de Explosividad del gas (LIE). El sensor está formado por dos elementos hermanados, un detector con catalizador y un compensador con recubrimiento sin catalizador. Los gases se oxidan solo sobre el detector, donde el calor aumenta la resistencia del filamento de platino, generando una señal proporcional a la concentración de gas. El filamento del compensador minimiza los cambios en la temperatura ambiente, la presión y la humedad.



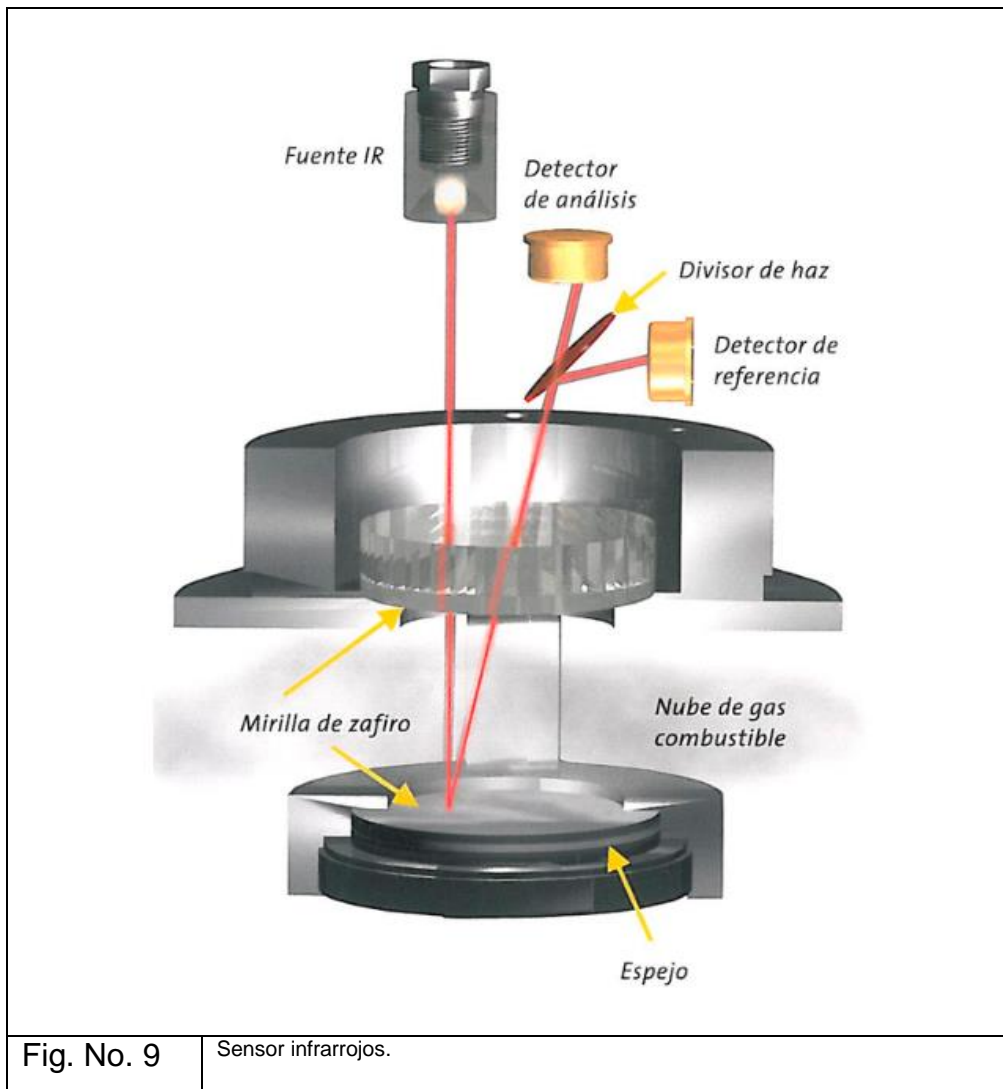
- Sensores electroquímicos, figura No. 8, usados para detectar una amplia variedad de gases tóxicos en el rango de ppm. Los electrodos separados por electrolitos se encierran en una cápsula de plástico y se conectan al circuito electrónico externo. El gas se difunde a través de una membrana permeable, generando una pequeña corriente por reacción electroquímica. Puesto que

la entrada de gas viene controlada por la difusión en la membrana, la corriente es proporcional a la concentración del gas.



Sensor tipo B, con sensores de infrarrojos solamente para gases combustibles.

- Sensor de infrarrojos, figura número 9, numerosos gases absorben luz infrarroja en determinadas longitudes de onda, siendo el espectro de absorción característico para cada gas. El sensor dispone de una fuente de radiación IR modulada electrónicamente en dos longitudes de onda, una típica para el gas a medir, mientras que en la otra no se produce absorción por los gases atmosféricos. Las señales de ambos detectores se amplifican y procesan en un microcomputador generando una señal de salida proporcional a la concentración de gas.



NOTAS: Para la sustitución de sensores no se precisa desconectar el monitor. Los sensores de combustibles y tóxicos tienen una vida de 2/3 años y la deriva de cero/span es < 10% anual, siendo preciso una calibración periódica 2/3 veces al año

- El sistema de detección con haz abierto IR y sensor de infrarrojos, figura No. 10, permite la monitorización continua de hidrocarburos con rango de sensibilización tanto para fugas pequeñas (ppm x m) como grandes (LIE x m). El sistema consta de un equipo emisor del haz IR y un equipo receptor a una distancia de hasta 150 m, cuyo funcionamiento es similar al modelo B descrito anteriormente.

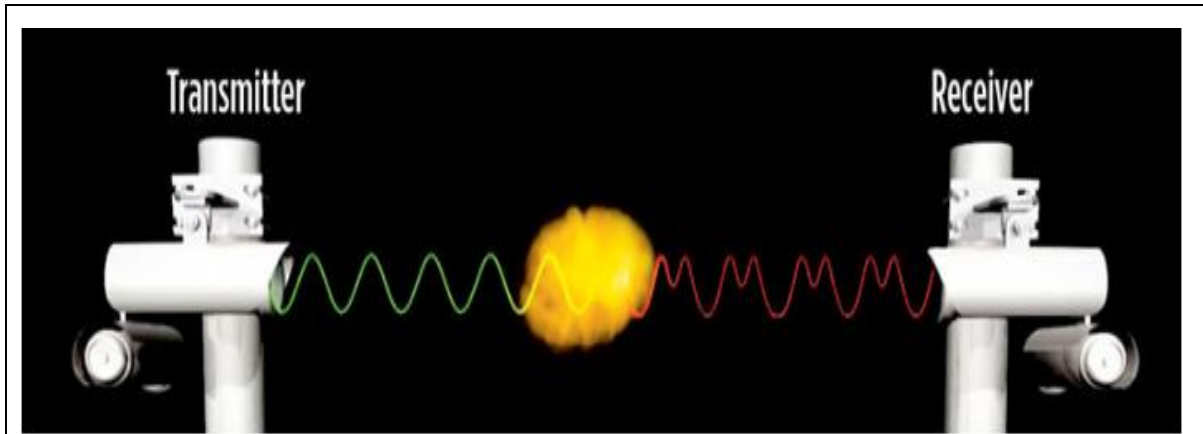


Fig. No. 10

El sistema de detección con haz abierto y sensor de infrarrojo.

Al ser un conjunto cuya óptica y haz operan en entornos adversos, incluye un control automático de ganancia que compensa las lentes sucias, la lluvia y la niebla, así como una mejora en el rechazo de alarmas falsas mediante la autocomprobación continua del funcionamiento.

NOTAS: la unidad de medida LEI x m es la integral de la concentración de gas a lo largo del haz óptico, expresadas en unidades de concentración, multiplicadas por la distancia.

Nuevo Sistema detector con haz abierto Láser.

No es algo inusual que en unas instalaciones para la detección de gas con haz abierto IR (OPGD) convencional se produzcan demasiados fallos, falsas alarmas y llamadas nocturnas a los operarios de la sala de control.

Un sistema más avanzado para la detección de gas, corresponde a la novedosa tecnología patentada de espectroscopia mejorada de diodo láser (ELDS) de Senscient.

La ELDS elimina las falsas alarmas, al tiempo que ofrece una detección más rápida y fiable de los gases peligrosos, mejorando así la seguridad del lugar de trabajo a la vez que se reducen los costes operativos.

Las principales ventajas que ofrece la ELSD frente a la espectrografía IR convencional son las siguientes:

- *Elimina falsas alarmas*, al utilizar un láser sintonizable para producir una única huella armónica específica para el gas a detectar. Los sistemas convencionales NDIR (sensor infrarrojo no dispersivo), no pueden distinguir entre los hidrocarburos y gases interferentes tales como alcoholes, aminas y vapor de agua.
- *Inmunidad atmosférica*, el diodo modulable del láser es 1500 veces más específico que el haz IR típico, al generar una resolución óptica de 0,1nm, permitiendo excluir longitudes de onda que interfieran con el vapor de agua. Los filtros ópticos del haz IR solo permiten una resolución de 150nm, origen de las interferencias con niebla, bruma, lluvia y nieve.
- *Detección de gases tóxicos*, al contrario que los sistemas convencionales IR la detección con ELSD permite, con idéntica fiabilidad, detectar gases inflamables y una amplia gama de gases tóxicos

NOTAS: La integridad del sistema se auto controla totalmente cada 24 horas de forma automática, por lo cual no precisa calibración periódica, siendo indefinida la vida útil del sensor.

4.2 COSTOS APROXIMADOS DE SENSORES DE GAS.

El detector de gas sirve para detectar fugas de gas con fiabilidad. Este detector de gas puede identificar y localizar gases licuados, propano, gas natural y fuel.





Con el detector de gas podrá garantizar la seguridad laboral dentro de la industria. Además, también podrá evitar riesgos para la salud tanto en la industria de la alimentación como en la industria metalúrgica, en los procesos químicos o en la gestión de residuos.

El monóxido de carbono es uno de los muchos gases incoloros e inodoros que existen, como consecuencia nuestros sentidos no lo pueden detectar.

En la siguiente tabla se puede apreciar el precio de los tipos de sensores fijos (catalítico, electroquímico e infrarrojo) y de un equipo portátil.

Los precios varían de acuerdo a la marca, tipo de gas que monitorea, cantidad de gas que monitorea, su capacidad de tiempo de respuesta y rango de operación.

La siguiente Tabla No. 15, describe una recopilación de datos que contiene los principales tipos de sensores requeridos en las industrias y sus costos aproximados.

| MODELO | FABRICANTE | MARCA | TIPO DE SENSOR | TIPO DE GAS | PRECIO (\$) |
|---|--|---------------|----------------|--|-------------|
|  | Crowcon Detection Instruments Ltd. | Flamgard Plus | Catalitica | 0 ... 100% LEL hidrógeno (H2) 0 ... 100% LEL metano (CH4) 0 ... 100% LEL propano (C3H8) 0 ... 100% LEL butano (C4H10) 0 ... 100% LEL pentano (C5H12) 0 ... 100% LEL etanol (C2H6) 0 ... 100% LEL etileno (C2H4) Otros gases/concentraciones bajo petición | 29767.96 |
|  | Crowcon Detection Instruments Ltd. | TXgard-Plus | electroquímico | 0 ... 25 vol% O2 (Oxígeno) 0 ... 50 ppm H2S (Sulfuro de hidrógeno) 0 ... 500 ppm CO (Monóxido de carbono) Otras concentraciones bajo petición. | 28529.05 |
|  | Crowcon Detection Instruments Ltd. | Xgard | infrarrojo | 0 ... 2 % vol. Dióxido de carbono 0 ... 5 % vol. Dióxido de carbono 0 ... 100 % LEL Etileno 0 ... 100 % LEL Metano 0 ... 100 % LEL Propano 0 ... 100 % LEL Butano 0 ... 100 % LEL Etanol 0 ... 100 % LEL Hexano 0 ... 100 % LEL GPL 0 ... 100 % LEL Pentano Otras versiones bajo solicitud | 24607.61 |
|  | GRAINGER | MSA | PORTATIL | oxígeno, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, compuestos orgánicos volátiles, y porcentaje de explosividad en base a pentano | 142961.3 |
| Tabla No. 15 | Precio (\$) de los tipos de sensores de gas. | | | | |

4.3 BENEFICIOS DE INVERTIR EN SENSORES DE GAS EN LA INDUSTRIA.

De acuerdo a la aportación en la investigación de este trabajo, los beneficios de los sensores industriales son muchas y muy amplias.

Existe un sensor para cada tipo en concreto de lo que quiera detectar, se podría asegurar que existe un sensor para cada tipo de gas, en diferentes magnitudes de grado de permisibilidad.

De acuerdo a la amplia gama de sistemas de sensores disponibles, existen beneficios en general.

- Para evitar cualquier peligro de explosión y avisar al personal, los sensores del detector de gases para metano, propano, pentano, butano, etc, tienen un rango de medición ajustado al límite más bajo.
- Además de los gases combustibles, también están los gases tóxicos tales como el sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, cloro, amoníaco, cianuro, etc.
- Una baja concentración de sulfuro de hidrógeno o de monóxido de carbono es suficiente para causar en seres humanos y animales daños e incluso la muerte.
- Los sensores de gases proporcionan respuesta rápida, alta precisión, gran estabilidad, durabilidad.
- Son sensores, robustos y duraderos, se utilizan para realizar la medición selectiva de las concentraciones más bajas de gases tóxicos y de oxígeno en el aire ambiente.
- Concluir la evaluación en los casos sencillos.

- Establecer o mejorar las medidas preventivas, después de lo cual habría que volver a evaluar.
- Filtrar tareas, puestos o agentes químicos que requieren un estudio pormenorizado y un seguimiento posterior.

La nueva tecnología de tercera generación, aporta notables ventajas para el usuario que debe utilizar diariamente aparatos detectores de gas tóxico.

- Facilidad y sencillez en realizar la comprobación funcional del aparato en cualquier momento y en cualquier lugar. Incremento en seguridad y confianza.
- No estar sujeto a una logística para la comprobación funcional, con el consiguiente consumo de gas patrón y mano de obra. Incremento del riesgo e inseguridad personal si no se efectúa diariamente la prueba funcional.
- Fiabilidad y estabilidad en el valor medido por la auto-corrección que se efectúa electrónicamente en propio sensor, proporcionando una señal de salida digital.
- Mayor tiempo entre intervalos para el ajuste/verificación, prácticamente el doble que un sensor convencional, y además el reducido consumo de gas patrón, que conlleva un significativo ahorro.

CONCLUSIÓN.

A partir de los accidentes de trabajo generados por escape de gases tóxicos en industrias, genera un mayor interés en prevalecer las normas que rigen la seguridad laboral en materia de salud, impactando directamente en salvaguardar la integridad de los trabajadores y pobladores circunvecinos de las industrias químicas.

Las estadísticas muestran que siguen ocurriendo accidentes, por malos manejos en la industria de control de parámetros de gases emitidos, provocando desde daños a la salud o muerte de trabajadores.

La diversidad de sistemas de medición de gas crece como sistema de investigación, a medida que aumenta a su vez las nuevas tecnologías cada vez más certeras en materia de detección de gases.

En ese punto radica la importancia de la implementación de sensores químicos de alta confiabilidad para la seguridad industrial en la industria química, queda demostrado que existe una amplia gama de sistemas de sensores, con gran amplitud de usos para diferentes gases tóxicos, con confiabilidad probada, de acuerdo a diversas tecnologías que ofrecen los proveedores.

Por ello este trabajo, hace una selección de los tipos de sensores, con una aproximación de inversión, así como recomendaciones de instalación de acuerdo al tipo de sensor que debiera utilizarse, y como hacer una posible elección para minimizar errores.

Esta investigación da como resultado una guía adecuada, que puede proyectar una mayor seguridad en materia de salud y bienestar para los trabajadores de las industrias, no solo químicas, sino en general.

BIBLIOGRAFIA.

Bibliografía básica.

Dräger Safety AG & Co. KGaA (2009). Introducción a los Sistemas de Detección de Gases. Marketing Communications. Recuperado de: https://www.draeger.com/Library/Content/9046703_infoflip_gds_es_l3.pdf

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (2017). Portal electrónico de la Secretaría de Gobernación. CDMX, México. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130_181215.pdf

Ley Federal sobre Metrología y Normalización (2017). Portal electrónico de la Secretaría de Gobernación. CDMX, México. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130_181215.pdf

NORMA Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición. Recuperado de: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4632/semarnat/semarnat.htm>

NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411121&fecha=09/10/2015

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-114-STPS-1994, SISTEMA PARA LA IDENTIFICACION Y COMUNICACION DE RIESGOS POR SUSTANCIAS QUIMICAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO. Recuperado de: <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/NOM-114-STPS-1994.pdf>

PROFEPA (2015). Informe de Actividades 2015, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Recuperado de: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/8233/1/web_versionfinal.pdf

PROFEPA (2017). Informe de Actividades 2017, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311596/Informe_de_actividades_profepa_2017.pdf

OISS (2012). Recopilación de los indicadores de siniestralidad laboral y enfermedad ocupacional utilizados en Iberoamericana. Recuperado de: https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/12/17-Recopilacion_de_los_Indicadores_de_Siniestralidad_Laboral_en_Iberoamerica.pdf

STPS (2010). Información sobre enfermedades y accidentes de trabajo nacional 2001-2010. Recuperado de:

<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Nacional%202001-2010.pdf>

Folleto de Agentes Contaminantes (2017). Portal electrónico del ISSSTE. CDMX, México. Recuperado de:

<http://www.issste.gob.mx/images/downloads/instituto/prevencion-riesgos-trabajo/Agentes- contaminantes-del-medio-ambiente-de-T.pdf>

Cortés, José (2014) Seguridad e Higiene del Trabajo técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid: Tébar.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-048-SSA1-1993, QUE ESTABLECE EL METODO NORMALIZADO PARA LA EVALUACION DE RIESGOS A LA SALUD COMO CONSECUENCIA DE AGENTES AMBIENTALES. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/048ssa13.html>

NORMA Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el Trabajo, Funciones y actividades. Recuperado de: <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/NOM-030-STPS-2009.pdf>

Bibliografías de referencia.

Javier Lorenzo Gracia, (2015). CURSO de HIGIENE INDUSTRIAL, Evaluación de AGENTES químicos. Empresa MAZ. Recuperado de: <http://www.cps.unizar.es/~proter/Articulos/Curso%20higiene.pdf>

Proin-Pinilla, (2018). Detección de gases en la seguridad industrial, EL ALTO RIESGO DE FALLECIMIENTO EN EL SECTOR INDUSTRIAL, 10 PRINCIPIOS ESENCIALES EN LA DETECCIÓN DE GASES. Recuperado de: <https://equiposproteccion.com/tag/deteccion-de-gases-en-la-seguridad-industrial/>

Universidad Miguel Hernández de Elche, (2016). Método simplificado de valoración del riesgo químico. Prevención de Riesgos Laborales. Recuperado de: <https://prevencion.umh.es/01-presentacion/metodo-simplificado-de-valoracion-del-riesgo-quimico/>

Xavier Nolla, (2015). Apuntes sobre protección contra explosiones: La Seguridad intrínseca. Recuperado de: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/apuntes-sobre-proteccion-contra-explosiones-la-seguridad-intrnseca/>

Enciclopedia de Ejemplos (2019). "Gases Tóxicos". Recuperado de: <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-gases-toxicos/>

Honeywell International, (2019). Sistemas de alta tecnología: Detector de gas Midas®. Recuperado de: <https://www.honeywellanalytics.com/es-mx/products/Midas>

Redacción Interempresas (2018). InfraTec, en el desarrollo de un nuevo detector de gas a prueba de explosiones para cuerpos de rescate. Recuperado de: <http://www.interempresas.net/Seguridad/Articulos/230777-InfraTec-desarrollo-nuevo-detector-gas-prueba-explosiones-para-cuerpos-rescate.html>

Olga Castro-Perea (2008). Desarrollan una plataforma inteligente para detectar gases tóxicos. Recuperado de: https://www.tendencias21.net/Desarrollan-una-plataforma-inteligente-para-detectar-gases-toxicos_a2053.html

Accesgas, S.A.P.I. de C.V. (2017). Análisis y evaluación de riesgos. PROYECTO: ESTACIÓN DE COMPRESIÓN GNC BAJÍO. Recuperado de: http://104.209.210.233/gobmx/2018/4to_T/A73/d/E-09-DMA0048-05-18-DGGPI.pdf

Medidores para prevención de riesgos laborales (2015). Recuperado de: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/medidores-prevencion-riesgos-laborables.htm>

Dastec (2016). Honeywell BW™ Ultra | Detector remoto portátil multigás - 5 gases. Recuperado de: <https://www.dastecsrl.com.ar/productos/deteccion-de-gases-y-proteccion-personal/detectores-de-gases-portatiles/honeywell-bw-ultra-detector-remoto-portatil-multigas-5-gases>

Honeywell (2012). Como elegir un solución de detección de gas correcta. Recuperado de: <https://pages1.honeywell.com/rs/819-RJX->

265/images/C%C3%B3mo%20elegir%20una%20soluci%C3%B3n%20de%20detecci%C3%B3n%20de%20gas%20correcta.pdf

DAIRO H. MESA GRAJALES, YESID ORTIZ SÁNCHEZ, MANUEL PINZÓN (2006). LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO. Recuperado de: <file:///C:/Users/Susy%20Carrasco/Documents/TESIS%20DE%20DETECTOR%20DE%20GAS/OLIVARES/Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901.pdf>

AguaMarket (2009). Detector gas espacios confinados. Recuperado de: <https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=1085&nombreprducto=detector+gas+espacios+confinados>

Honeywell (2013). Ubicación eficiente de los sensores. Recuperado de: <https://www.honeywellanalytics.com/es-es/solutions/articles/efficient-placement-of-sensors>

Redacción Protección Laboral (2017). Fiabilidad en la Detección de Gases Combustibles y Tóxicos. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212378-Fiabilidad-en-la-Deteccion-de-Gases-Combustibles-y-Toxicos.html>

Redacción Protección Laboral (2015). HUB by Technyl acelera la innovación de los productos del cliente. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212378-Fiabilidad-en-la-Deteccion-de-Gases-Combustibles-y-Toxicos.html>