

**Dräger**



## Introducción a los Sistemas de Detección de Gases

Dräger. Tecnología para la vida.



## Propiedades de gases y vapores peligrosos

Los gases y vapores inflamables y tóxicos pueden producirse en muchos sitios. Para tratar con el riesgo tóxico y el peligro de explosión – sirven los sistemas de detección de gases.

Este folleto es dar una introducción básica a la tecnología de detección de gases, principios de medición y la preocupación por la seguridad.

# ¿Qué es materia gaseosa?

STL-1097-2008

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<sub>2</sub>, 14 veces más ligero que el aire), el gas más pesado es el hexafluoruro de tungsteno (WF<sub>6</sub>, aprox. diez veces más pesado que el aire).

En condiciones normales 1 cm<sup>3</sup> de gas contiene unas 30·10<sup>18</sup> moléculas, la distancia media entre ellas es solamente de tres nanómetros. Revolotean por el espacio de 100 a 1000 metros por segundo, chocan un billón de veces por segundo con otras moléculas, de tal manera que entre dos colisiones solo pueden desplazarse aprox. 50 a 100 nanómetros. Y con cada colisión cambian su dirección de movimiento y transfieren energía a su compañero de colisión.

Esto es un movimiento completamente aleatorio de moléculas, que es macroscópicamente medible como la temperatura del gas (energía cinética media de todas las moléculas) y la presión de gas (velocidad media de todas las moléculas golpeando una superficie) o extensión (volumen). Por consiguiente presión, temperatura y volumen están matemáticamente en una relación fija, que en caso ideal sigue la llamada ley de los gases ideales:

- a una presión constante, el volumen de gas cambia proporcionalmente a su temperatura – por ejemplo expande al ser calentado
- a un volumen constante de gas (gas en un recipiente cerrado) 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 de que los gases se mezclan fácilmente y nunca se separan uno del otro. El movimiento de las moléculas en dirección de baja concentración (llamada difusión) está basado en estas características moleculares y juega un papel esencial en los principios de medición de los sensores 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 molar (más ligero es el gas).

# ¿Qué es materia gaseosa?

# ¿Vapores? ¿Por qué no gases?

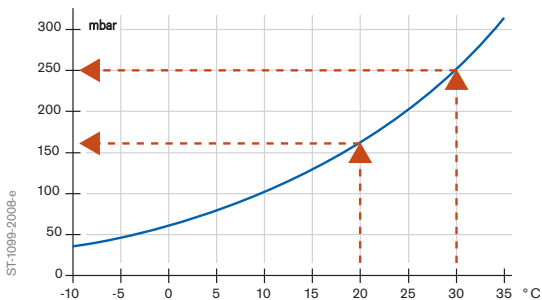
STL-1099-2008

En oposición a los gases – pueden existir solo aprox. 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 (o algunas veces incluso sólida) 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 microscópica, 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. El gráfico de esta correlación se conoce como la curva de presión de vapor, que hace posible determinar la concentración máxima posible de vapor a una determinada temperatura.

## curva de presión de vapor del n-hexano líquido



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%.

# ¿Vapores? ¿Por qué no gases?

# Nuestra atmósfera

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 ultravioleta tendría solamente un grosor de 3 mm.

Composición habitual de la atmósfera terrestre en ppm:

Gas	Composición	
	seco	húmedo
<b>Gases principales</b>		
N <sub>2</sub> - nitrógeno	780 840	768 543
O <sub>2</sub> - oxígeno	209 450	206 152
H <sub>2</sub> O - vapor de agua	0	15 748
Ar - argón	9 340	9 193
CO <sub>2</sub> - dióxido de carbono	340	335
<b>Oligogases</b>		
Ne - neón	18	18
He - helio	5	5
CH <sub>4</sub> - metano	1.8	1.8
Kr - criptón	1.1	1.1
H <sub>2</sub> - hidrógeno	0.5	0.5
N <sub>2</sub> O - óxido nitroso	0.3	0.3
CO - monóxido de carbono	0.09	0.09
Xe - xenón	0.09	0.09
O <sub>3</sub> - ozono	0.07	0.07
otros oligogases	3.05	3.0
<b>en total</b>	<b>1000 000</b>	<b>1000 000</b>

1 Vol% = 10 000 ppm (= partes por millón); suposición: humedad relativa 68 % RH a 20 °C

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 ( $0.507 \cdot 10^{15}$  m<sup>2</sup>). Esta es la razón por lo que tenemos una presión atmosférica de 10 325 kg/m<sup>2</sup>, o, más familiarmente: 1 013 mbar. Con un aumento de altura la presión atmosférica disminuye:

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

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.

# Oxígeno

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 aun: la base de casi cada ser.

Hay casi un 21 Vol% 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 de oxígeno solamente se reduce por una quinta parte de la concentración de 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.

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

Esto es la razón por la que las medidas de protección contra explosiones solo están relacionadas con la concentración atmosférica de oxígeno.

## ¿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, reanimación posible si se realiza inmediatamente
menos de 6	menos de 60	pérdida repentina de conciencia



¡Prácticamente, todos los gases y vapores siempre son peligrosos! Si los gases no existen en su composición atmosférica familiar y respirable, la respiración segura ya puede estar afectada. Es más: 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. ¡Peligro de asfixia! 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.

# Gases y vapores tóxicos

La toxicidad de gases y vapores utilizados industrialmente es determinada mediante experimentos de laboratorio que tienen como resultado la tasa  $LC_{50}$ . 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 – sin embargo, ¡esto debe ser garantizado!

Las concentraciones de estos valores límite abarca siete 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)

**T+ muy tóxico**       $LC_{50} < 0.5 \text{ g/m}^3$

Tricloruro de Boro, Trifloruro de Boro, bromo, diborano, fluor, arseniuro de hidrógeno, ácido cianhídrico, fluoruro de hidrógeno, fosfamina, ácido sulfhídrico, dióxido de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, ozono, fosgeno, tetrafluoruro 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

La abreviatura  $LC_{50}$  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).

## Gases y vapores inflamables

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 <sup>3</sup>	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	255.7	13	87	440
dietileter	1.7	52.5	-40	586	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
metietilquetona (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	562	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

Gas	LEL en Vol-%	LEL en g/m <sup>3</sup>	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

Solo los líquidos inflamables tienen un punto de inflamación.

Por definición no hay punto de inflamación para gases.

# LEL y protección preventiva de explosión

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.

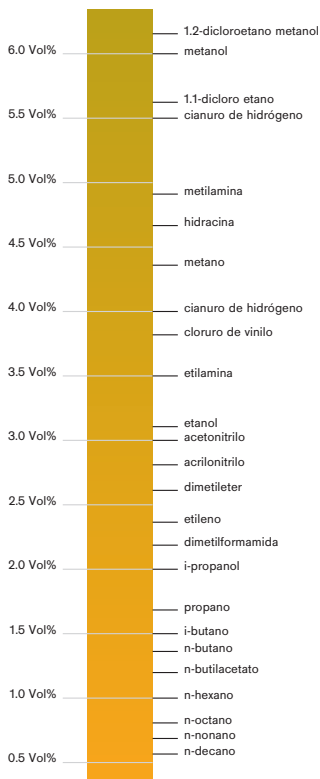
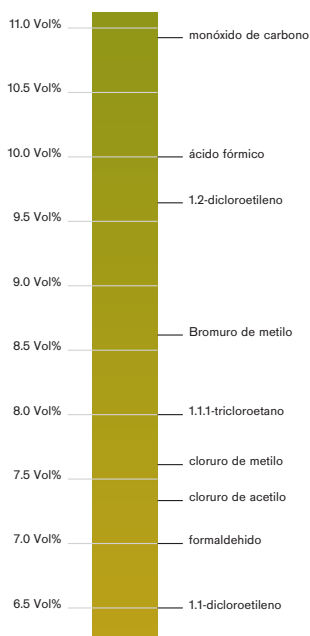
El límite inferior de explosión (LEL) está definido como la concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible y aire que bajo condiciones estandarizadas puede inflamarse y continuar ardiendo. El LEL de todos los gases y vapores inflamables conocidos está en el rango de aprox. 0.5 a 15 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.

## 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.



# LEL y protección preventiva de explosión

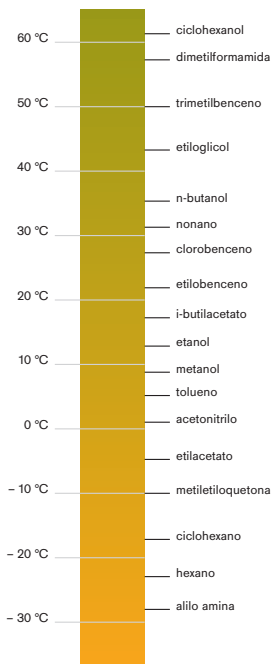
# Punto de inflamación de líquidos inflamables

Aunque se habla de líquidos inflamables, no es el estado líquido sino el vapor el que es inflamable. Solamente el vapor puede formar una mezcla inflamable con el oxígeno del aire. Tanto la volatilidad del vapor como su nivel inferior de explosión (LEL) son una medida para el riesgo de explosión. Las propiedades de la volatilidad y el LEL son combinados por el llamado punto de inflamación.

Para ser inflamable, la concentración del vapor del líquido sobre la superficie del líquido debe exceder el LEL. Si es o no, depende de la concentración individual de vapor producida por la presión del vapor del líquido – y esto solamente depende de la temperatura del líquido.

Con respecto a la seguridad de los materiales inflamables este comportamiento está descrito por el punto de inflamación (F):

El punto de inflamación es la temperatura a la cual se produce tanto vapor, que la mezcla vapor/aire puede ser encendida por un equipo estandarizado y continua quemando. Por ejemplo, si el punto de inflamación de un líquido inflamable está por encima de los 50 °C, este líquido no puede ser encendido a 30 °C.



¡No se puede encender Diesel (F > 55 °C) mediante una cerilla encendida, pero si se puede encender gasolina (F < - 20 °C)!

Conclusión: los líquidos inflamables son más peligrosos cuanto más bajo es su punto de inflamación. Ya que los vapores de líquidos inflamables no pueden ser encendidos por debajo de su punto de inflamación, esto puede ser la base de protección preventiva contra explosión: Utilizar solamente líquidos inflamables con puntos de inflamación superiores a la temperatura ambiente y no hay riesgo de explosión.

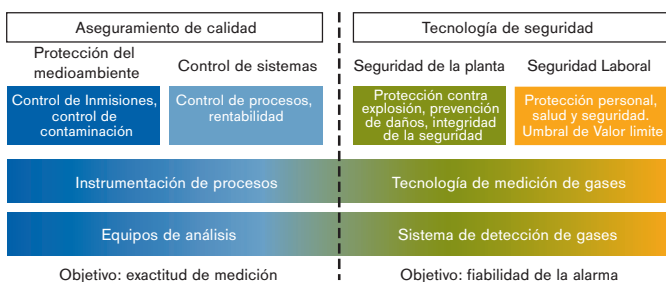
En realidad esto es una práctica común, pero si los líquidos son utilizados como disolventes hay una desventaja: líquidos menos volátiles requieren más energía para la evaporación. Por definición, gases no tienen puntos de inflamación porque no tienen fase líquida en condiciones normales.

# Punto de inflamación de líquidos inflamables

# Sistemas de detección de gases



En una primera aproximación los equipos de detección de gases son productos de tecnología de seguridad y son utilizados preferentemente para proteger a los trabajadores y asegurar la seguridad de la planta. Los sistemas de detección de gases están dedicados a detectar concentraciones de gas peligrosas, para activar alarmas y – hasta donde sea posible – activar contramedidas antes de que se pueda producir una situación peligrosa para empleados, instalaciones y medioambiente.



Los equipos para detección de gases pueden ser portátiles (o semi-portátiles) o sistemas fijos de detección de gases. La seguridad de una zona potencialmente afectada por gases y vapores peligrosos depende principalmente de la fiabilidad del sistema de detección de gases, y especialmente de la calidad de los sensores utilizados. Al contrario que los sensores de equipos portátiles, los sensores fijos incluyendo su electrónica están en funcionamiento continuamente, año tras año, las 24 horas al día – solo para estar disponibles para el instante aleatorio de un escape de gas. Y esto incluso en condiciones ambientales extremas, como por ejemplo a - 50 °C o + 65 °C, a humedad relativa del aire alta o incluso muy secas, en aplicaciones al aire libre con lluvia, tormenta y nieve o en condiciones del desierto, con influencias electromagnéticas o fuertes vibraciones... Y – evidente – la protección contra explosión no debe ser un problema y la medición solo debe ser afectada de manera insignificante. Como se muestra en los gráficos, hay un cruce fluido entre la tecnología de detección de gases por un lado y por otro, la instrumentación del proceso. Aunque desarrollados como un producto de tecnología de seguridad, hay ciertos transmisores para detección de gases que tienen unas características de medición tan excelentes que hoy en día incluso destacan más y más como equipos de análisis en el campo de la instrumentación del proceso.

# Sistemas de detección de gases



## Sensores y principios de medición

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.

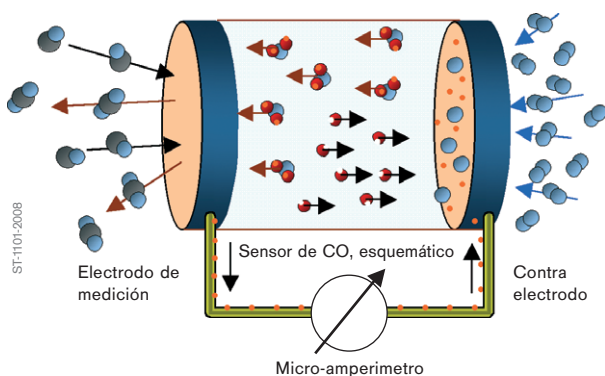
Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos.







# 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.

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 conductor llamado electrolito (un líquido pastoso para transportar iones), por otro lado vía un circuito de corriente eléctrica externo (un simple cable de cobre para transportar electrones):



-  CO molécula, gas patrón, penetra en el electrodo de medida
-  CO<sub>2</sub> molécula, producto de reacción, sale del electrodo de medida
-  H<sub>2</sub>O molécula, parte del electrolito
-  H<sup>+</sup>, ión de hidrógeno con carga positiva (porque falta un electrón)
-  O, átomo de oxígeno, agresivo, un recolector de electrones
-  O<sub>2</sub>, molécula de oxígeno, se descompone en átomos en el electrón del contra electrodo, electrones que fluyen son medibles como corriente eléctrica

Los electrodos están fabricados de un material especial que también tiene características catalíticas haciendo posible 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..

# Principio de medición de los sensores electroquímicos

## Sensores electroquímicos

Más de cien gases y vapores son detectables por los sensores electroquímicos Dräger. Algunos de estos reaccionan muy específicamente a gas patrón, otros son típicos sensores de grupos de gases que son sensibles a muchos gases reactivos diferentes.

Los sensores electroquímicos Dräger principalmente están equipados con tres electrodos, un electrodo de medida, un contra electrodo y un electrodo de referencia. La capacidad de medida del sensor es aumentada mediante un voltaje bias medido y mantenido constante mediante el electrodo de referencia y un circuito de control electrónico (el llamado circuito potencioestatico). Adicionalmente hay un elemento medidor de temperatura en el interior del sensor porque los procesos electroquímicos dependen extremadamente de la temperatura y por lo tanto necesitan ser compensados. Solamente por el circuito eléctrico exterior del sensor (especialmente para la compensación de temperatura y la amplificación y el acondicionamiento de la muy baja y ruidosa corriente del sensor – solo unos pocos microamperios) que produce una señal 4-20-mA, el sensor electroquímico se convierte en un detector de gas real. Los siguientes rangos de medida pueden ser detectados (adaptable al usuario con por ejemplo el Polytron 7000):

Gas	mínima escala	máxima escala
compuestos ácidos	3 ppm	30 ppm
amoníaco	50 / 300 ppm	200 / 1000 ppm
monóxido de carbono	50 / 200 ppm	1000 / 5000 ppm
cloro	1 ppm	50 ppm
hidracina	0.3 ppm	3 ppm
hidruros	0.3 ppm	1 / 20 ppm
hidrógeno	500 ppm	3000 ppm
cloruro de hidrógeno	20 ppm	100 ppm
Cianhídrico	10 ppm	50 ppm
peróxido de hidrógeno	1 / 1000 ppm	50 / 7000 ppm
sulfuro de hidrógeno	10 / 100 ppm	100 / 1000 ppm
dióxido de nitrógeno	5 ppm	100 ppm
monóxido de nitrógeno	30 ppm	200 / 500 ppm
vapores orgánicos	20 ppm	100 / 200 ppm
ozono	0.5 ppm	5 ppm
oxígeno	5 Vol%	25 / 100 Vol%
fosgeno	0.1 ppm	1 ppm
dióxido de azufre	5 ppm	100 ppm

Los sensores electroquímicos necesita muy poca energía, por eso pueden funcionar en seguridad intrínseca. En este caso, no se necesita pasadas carcasas antideglagrantes y se pueden realizar los cambios de los sensores fácilmente sin necesidad de solicitar permisos de trabajo en caliente.

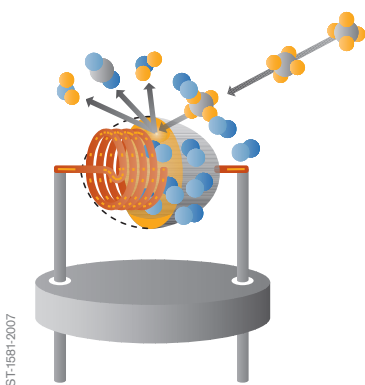
## Sensores electroquímicos



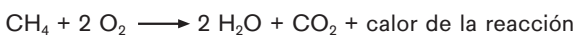
Bajo ciertas circunstancias los gases y vapores inflamables se pueden oxidar mediante el oxígeno del aire para liberar calor de la reacción. Normalmente esto se consigue por un material catalizador especial y adecuadamente calentado, que aumenta ligeramente su temperatura por el calor de la reacción.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



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

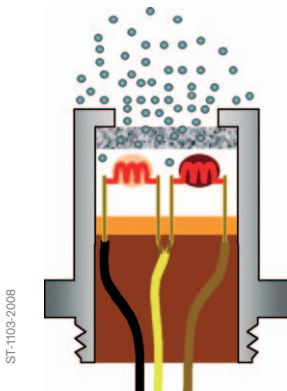


Para eliminar influencias por cambios de la temperatura ambiente, se utiliza un segundo pellistor, que es muy similar pero que no reacciona al gas, porque el pellistor no contiene el material catalizador o está inhibido de cualquier otra manera. Integrando los dos pellistores en un circuito de puente Wheatstone tiene como resultado un sensor para la medición de concentración de gases inflamables, en gran medida independiente de la temperatura ambiente.

## Sensores de perlas catalíticas

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, la resistencia 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.



El pellistor activo y el compensador 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.

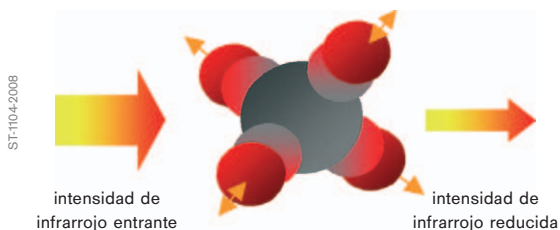
Estas son las características de la llamada encapsulación antideflagrante.

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 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.



una molécula de metano excitada absorbe energía de tal manera que puede vibrar



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.

**Aire:** los infrarrojos pasan sin ser atenuados, no hay intensidad reducida, no hay señal de medida

**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.

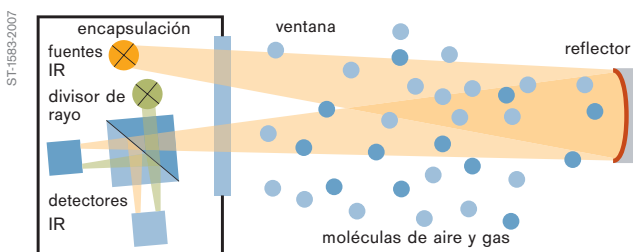
# Principio de medición sensor infrarrojo

# 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 ( $\mu\text{m}$ ), 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, ¡los gases probablemente no sean la causa! 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.



sensor IR del Polytron IR modelo 340, esquemáticamente

Los transmisores IR están equipados 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.

# Transmisores infrarrojos

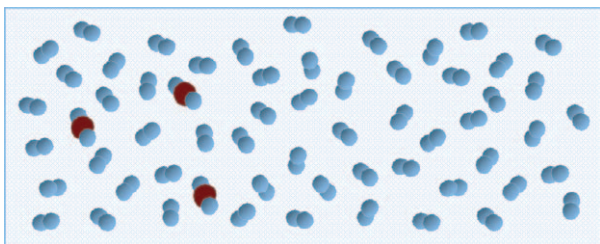
# Sensores de difusión controlada



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.

Estas diferencias 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.

El truco: 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.



**Ilustración:** debido al movimiento molecular la naturaleza no se calma hasta que las tres moléculas mayores estén homogéneamente dispersas por todo el volumen de gas. Después de la distribución uniforme el proceso de difusión finaliza.

## Convección hacia el sensor, difusión en el sensor

Mientras que el gas esencialmente 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. No son las paredes de los poros sino el aire en calma es el que inhibe la penetración: ¡si una molécula de gas fuera tan grande como un guisante, un poro sinterizado o un poro de filtro tendría un diámetro de unos 100 a 1000 metros!

**Sensores de difusión controlada no necesitan una bomba.**

# Sensores de difusión controlada

## Detectores de barrera

Si piensa en un sensor de infrarrojos con una barrera óptica extendida varias veces, esto sería un sistema de detección de gases con barrera: las moléculas de gas que penetran en esta barrera causarán una absorción IR medible. Sistemas de detección de gases como este son algo como una barrera de luz para moléculas de gas.

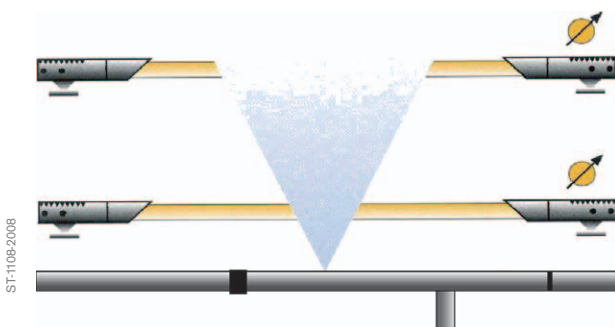
¡Y no solo para unos pocos metros, esto es válido para longitudes de barreras de hasta 200 metros!

Este resultado de medición (lectura) de una medida con barrera es un poco inusual. Mientras que el sistema óptico de un sensor de infrarrojos se supone homogéneamente con una concentración de gas definida, esto nunca es el caso con una barrera de detección larga.

Básicamente 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 lo 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.



**Ilustración:** mientras que la nube de gas esté 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.

Así, un detector de barrera es un 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 mediada 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 sobrerango, 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.

La señal de 4 a 20 mA también se puede utilizar para superponer una señal de frecuencia simétrica modulada de  $\pm 0.5$  mA de información digital de cambio adicional entre unidad de control y transmisor.

Esta es la llamada señal HART, que también puede ser utilizada para conectar con ciertos transmisores por su dirección digital y obtener sus señales de medida actual y más. Varios transmisores compatibles HART pueden comunicar en solo un cable de comunicación de 2 hilos.

Comunicación digital, vía HART o vía el llamado interfaz RS 485, hace posible que el cliente consultar remotamente el estado de los transmisores y preventivamente realizar acciones de mantenimiento basado en los resultados.

## Transmisores 4 a 20 mA

Hay muchas razones para no tener el sensor directamente en el lugar donde puede haber gas (el gas a medir). En vez de esto se puede realizar un muestreo continuo que también puede tener ventajas: la muestra de gas puede ser preacondicionado (por ejemplo mediante filtros), se puede secar y templar, los condensados se pueden recoger, los cambios pueden ser compensados, y mediante válvulas solenoides se pueden activar más lazos de muestreo. Se puede aplicar gases de calibración automáticamente al sensor.

## Propagación por zonas

Al recoger muestras en una zona peligrosa (en general zona 1) la zona ex se extiende vía el tubo de muestreo a una zona segura. Puesto que en la zona segura no existe protección contra explosión, la ignición es posible. Esto se puede evitar utilizando apagallamas en el tubo de muestreo. Los apagallamas no inhiben la ignición, pero evitan un "flash-back" a la zona peligrosa.

## Tubos de muestreo

Cuanto menor la sección del tubo de muestreo, mayor la caída de presión – cuanto mayor la sección del tubo, mayor el tiempo de respuesta: un buen compromiso son 4 mm de diámetro interior y un flujo de 1 a 2 litros por minuto.

## Pre-muestreo

Utilizando una bomba potente (10 a 20 L/min) el muestreo de gas puede ser realizado a distancias más largas (de hasta 100 a 150 m). Una segunda bomba pequeña (aprox. 1 L/min) debe ser utilizada para suministrar la muestra de gas recogida por el tubo premuestreo al sensor.

## Monitorización de la línea de muestreo

Considerando la relación con la seguridad es esencial saber que el muestreo básicamente aumenta el tiempo de respuesta y que la línea completa de muestreo necesita ser monitorizada para comprobar su correcto funcionamiento. Generalmente esto se realiza mediante un caudalímetro con alarma por caudal que, en caso de un tubo de muestreo se bloquee o fallé de bomba, activa una alarma. Si se usan filtros o trampas de condensados, deben ser mantenidos regularmente.

## Efectos de absorción en materiales y paredes

El material de los tubos debe ser preferiblemente PTFE (Teflón), Viton, o acero inoxidable. Algunos gases tienden a una absorción aumentada en las superficies de materiales y esto puede influir en la señal de medida especialmente para medida de ppm.



## **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.

# Protección contra explosión

En procesos industriales frecuentemente están involucrados 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 es aceptado cada vez más en EE.UU.,

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

mientras que la muy conocida manera americana de protección contra explosión según NEC 500 está basado en el "concepto de 2 secciones":

sección según NEC 500	atmósferas explosivas peligrosas ...
División 1	tienen posibilidad de existir
División 2	no tienen posibilidad de existir

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:

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

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. Equipo presurizado, esto significa purga continua por ejemplo con aire comprimido, es un modelo típico de protección para dispositivos grandes y armarios. La marca estandarizada de un dispositivo protegido contra explosión, por ejemplo Ex de IIC T4 o Clase I, Div1, Grupo B, C, D, informa al experto sobre la aplicación en la zona peligrosa designada.

# Protección contra explosión



Los productos para la tecnología de medición y control, que tienen un consumo de energía relativamente bajo pueden diseñarse de manera muy inteligente con respecto a su protección contra explosión. Inteligente, porque el producto está diseñado de tal manera que incluso en el caso de un primer o segundo fallo, está asegurado que no se produzcan ni chispas con suficiente energía ni superficies con suficiente calor – así no hay riesgo de ignición.

Las descargas eléctricas deben tener cierta energía mínima (**energía de ignición**), de otra manera no es capaz de encender la muy inflamable mezcla de un determinado gas inflamable con aire – de aquí que, ciertamente ninguna otra mezcla arbitraria de este gas en aire pueda ser encendida.

Además, para cierto gas, las temperaturas de superficie de componentes eléctricos o electrónicos no deben sobrepasar cierta temperatura (**temperatura de ignición**).

Por consiguiente, si los circuitos electrónicos de un producto están diseñados como corresponde y la energía eléctrica almacenada (esto es capacidades y inductancias) así como la fuerza eléctrica (eso es corriente y voltaje eléctrico) están limitados a ciertos valores máximos, este circuito electrónico no puede actuar como una fuente de ignición – se dice que el producto es intrínsecamente seguro.

Para ello existe un accesorio importante: si circuitos de corriente intrínsecamente seguros llevan a la zona peligrosa deben estar protegidos contra alimentaciones demasiado altas por las llamadas **barreras de seguridad**. Las barreras de seguridad contienen como mínimo un fusible, resistores para limitación de corriente y diodos Zener para limitación de voltaje.

Productos intrínsecamente seguros están marcados con una “i”.

Su diseño es sofisticado, ligero y sencillo – y productos intrínsecamente seguros pueden ser revisados mientras que están conectados. Los cables se pueden desconectar y los sensores sustituir sin desclasificación de la zona – porque con toda seguridad no puede haber chispas ni superficies calientes.

## Tipo de protección carcasa antideflagrante.



El tipo de protección “carcasa antideflagrante” es el más antiguo de todos, habiendo sido usado en la primera industria minera desde el inicio del pasado siglo (la marca “d” se refiere al origen alemán de este tipo de protección contra explosión). Comparado con el tipo de protección intrínsecamente seguro, una carcasa antideflagrante es un método pesado y puramente mecánico para evitar la ignición de una atmósfera explosiva:

Simplemente deja que la explosión se efectúe en el interior de la carcasa y de manera fiable evita un flashback. Así las carcasas del tipo de protección antideflagrante deben de estar diseñadas de tal manera que puedan resistir la presión de la explosión interna. Cuanto mayor el volumen de la carcasa, mayor es la presión de la posible explosión, más robusta debe ser la carcasa.

Si los gases inflamables penetran en el interior de la carcasa, se puede asumir que los circuitos electrónicos incorporados (que también pueden producir chispas o tener superficies calientes) encenderán los gases. Si se produce una ignición la carcasa resistirá la presión de la explosión, y la presión de la explosión escapa por las juntas. Estas juntas mayoritariamente metálicas con una cierta superficie mínima (con ancho y largo de espacio definido) tienen una función importante: gases calientes fluyendo a lo largo de estas juntas son enfriados por debajo de su temperatura de ignición – una extinción de llamas muy efectiva. Con este tipo de protección estandarizada una llama potencial en el interior de la carcasa no puede volver a la zona peligrosa.

Las carcasas antideflagrantes son robustas y pesadas, y no está permitido abrirlas cuando están conectadas. Para el mantenimiento es necesario un permiso especial para trabajo en caliente. La conexión eléctrica de los equipos antideflagrantes puede realizarse de tres maneras diferentes:

1. **Tubo rígido:** los cables eléctricos pasan incluidos en tuberías metálicas. Las tuberías están enroscadas directamente en la rosca cónica NPT del equipo. El sistema completo de conducción está sellado de manera especial y a prueba de llamas.
2. El cable está conectado mediante un **prensaestopas a prueba de llamas aprobado**. Desventaja: la protección de explosión no puede ser asegurada por el fabricante pero si solamente por el instalador.
3. La conexión del cable se realiza mediante una **caja de conexión aprobada con seguridad incrementada (“e”)**.

## Tipo de protección carcasa antideflagrante.

También conocida como ATEX 95 (anteriormente ATEX 100a), obligatoria en los países europeos (EU) desde el 1 de julio de 2003, dirigida a los fabricantes. Equipos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas deben cumplir los requisitos de salud y seguridad esenciales (EHSR) que se supone deben cumplirse si están basadas en ciertos estándares armonizados.

Marca CE para el libre comercio en la Unión Europea:



0158  
Número del organismo autorizado en cuanto a la calidad  
Los requisitos EU se cumplen

Marca (según ATEX):



II 2 GD  
Tipo de atmósfera potencialmente explosiva:  
G: Gas, vapor; D: polvo  
Categoría  
I: minería, II: otras áreas excepto minería  
cumple con la directiva 94/9/EC

Protección contra explosión:



IIC T4  
Clase de temperatura  
Grupo de explosión: I: minería, II: otras áreas excepto minería para ia, ib, d y n: Subgrupos IIA, IIB y IIC  
Tipo de protección (aquí: intrínsecamente seguro)  
Equipo protegido contra explosiones

Certificado tipo CE:



04 1003X  
X: condiciones especiales  
U: componente Ex incompleto  
Número de certificado  
Cumple con la directiva 94/9/EC  
Año de la publicación del certificado  
Organismo autorizado teniendo el equipo con tipo aprobado

Categorías de dispositivos y requisitos de seguridad:

Grupo de dispositivos	Categoría	Seguridad
I (minería)	M1	muy alta
	M2	alta
II (otras áreas excepto minería)	1	muy alta
	2	alta
	3	normal



También conocida como ATEX 137 (anteriormente ATEX 118a), obligatoria en los países europeos (EU) desde el 30 de junio de 2006, dirigido a los empresarios y usuarios finales referente a los requisitos mínimos de salud y seguridad para los trabajadores en atmósferas potencialmente explosivas.

### Definición de zonas:

Gas, vapor	Polvo	Atmósfera explosiva
zona 0	zona 20	continuamente, largos periodos o frecuentemente
zona 1	zona 21	ocasionalmente, probabilidad de suceder
zona 2	zona 22	con poca frecuencia y solamente durante un periodo corto

Selección de equipos (esta tabla es el nexo entre categorías de ATEX 95 y zonas de ATEX 137):

Funcionamiento permitido para	Gas, vapor (G)	Polvo (D)
Dispositivos de categoría 1	en zona 0, 1, 2	en zona 20, 21, 22
Dispositivos de categoría 2	en zona 1, 2	en zona 21, 22
Dispositivos de categoría 3	en zona 2	en zona 22

Ejemplo: en la zona 21, donde es probable que haya atmósferas explosivas causadas por polvo, los equipos a utilizar deben tener una marca **II 2D** or **II 1D**.

### Medidas necesarias:

- evaluación del riesgo de explosión
- clasificación del área peligrosa en zonas
- marca de los lugares peligrosos mediante una señal de aviso "Ex" triangular
- medidas de seguridad adecuadas
- documento de protección contra explosiones
- capacitación de los empleados
- criterios para los permisos de trabajo para tareas peligrosas

### Directriz para la reducción de riesgo:

- prevenir la formación de atmósferas explosivas, o, si esto no es posible:
- evitar la ignición de la atmósfera explosiva, o, si esto no es posible:
- minimizar efectos peligrosos de explosiones a un grado tolerable.

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.
- Relacionando la probabilidad de un fallo DU con todos los fallos posibles el resultado será el llamado valor DC de cobertura de diagnóstico y la importante fracción de fallo de seguridad SFF. Ambos valores deben sobrepasar ciertos porcentajes dependiendo de los requisitos de seguridad individuales.
- Mediante ingeniosos conceptos de sistema (especialmente por redundancias), pruebas de funcionamiento periódicamente repetidas y medidas preventivas la probabilidad de un fallo DU puede ser disminuido adicionalmente.
- El riesgo residual remanente puede ser calculado estadísticamente y clasificado. Esto tiene como resultado cuatro diferentes de niveles integrales de seguridad SIL1 a SIL4, donde SIL4 refleja la mayor fiabilidad pero no está establecido para sistemas de detección de gases, que están clasificados SIL2 y – mediante redundancias – SIL3.



¿Qué hacer en caso de una alarma? Los sistemas de detección de gases están diseñados para activar alarmas con tiempo suficiente para informar al usuario sobre la condición de la alarma y realizar las contramedidas para la prevención de una situación peligrosa. En general es un automatismo, pero también puede alcanzarse estableciendo un plan de alarma. Es responsabilidad del usuario reaccionar adecuadamente en caso de una alarma.

El concepto de seguridad de un sistema de detección de gases siempre es:

**Detectar** el gas peligroso, **reaccionar** y **advertir**.

## Alarma principal

El sobrepasar un solo umbral de alarma (umbral de alarma principal) es básicamente suficiente. Por la presente el estado seguro se alcanza protegiendo la zona peligrosa (alarma visible / sonora y evacuación) o cortando el suministro de gas o desactivando las fuentes de ignición, llamada para el uso de equipos de protección personal o protección respiratoria etc. Esto es una medida segura pero rigurosa, por decirlo así antieconómica – el proceso entero se afecta y se parará.

## Pre-alarma

Esto posiblemente se puede evitar mediante una pre-alarma que es activada a menores concentraciones que el umbral de alarma principal. Con la pre-alarma se pueden iniciar contramedidas que, si son efectivas, evitarán que la alarma principal sea activada, por ejemplo una pre-alarma puede activar una ventilación efectiva para que la concentración de gas pare de aumentar y el umbral de alarma principal no sea sobrepasado. Esto es ideal porque: **vía una pre-alarma una situación peligrosa puede ser controlada sin parar el proceso**. Está en el interés del usuario diseñar contramedidas tan efectivas que la alarma principal casi nunca sea activada: **sistemas de detección de gas correctamente diseñados alcanzaran la alarma principal solo raramente o nunca**.

## Alarma por condición de fallo

Alarmas por condición de fallo indican que el sistema está parcial- o totalmente no operativo y en el caso de un escape de gas no puede reaccionar adecuadamente. Preventivamente se deben tomar las mismas medidas en el caso de condición de fallo como en el caso de una alarma principal, puesto que no hay sistema de detección de gas. Con esta filosofía se consigue de mejor manera una condición segura.



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.

### Estrategía 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.

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.

Puesto que los equipos y los sistemas de detección de gases con productos de tecnología de seguridad para aplicaciones industriales no solo deben cumplir con los requisitos legales (por ejemplo seguridad eléctrica, protección contra explosión, compatibilidad electromagnética) pero también con más requisitos como que incluso en ambientes industriales duras la calidad del producto y la fiabilidad de la alarma se sostengan.

## **Estándares relacionados con la protección contra explosión:**

Los requisitos de diseño aseguran que los dispositivos no funcionen como fuentes de ignición. Estándares aceptados mundialmente están editados por ejemplo por CENELEC (ATEX), IEC, CSA, UL, GOST, etc.

## **Compatibilidad electromagnética según EN 50 270:**

Estándares de pruebas que aseguran que los equipos no produzcan perturbaciones relacionadas con cables o radiaciones eléctricas, y especialmente que no sean influenciados negativamente por perturbaciones relacionadas con cables (subidas de tensión, explosiones) o emisiones de alta frecuencia (80 MHz a 2 GHz a potencias de campo eléctricos de hasta 30 V/m), y que resistan descargas eléctricas sin ser afectados con respecto a su fiabilidad. Los estándares de pruebas relevantes están basadas en las series **IEC 61000**.

## **Clima, vibración e impacto, por ejemplo según IEC 60028:**

Ciclos de temperatura de calor seco y húmedo (hasta 70 °C, ¡incluyendo condensación!) durante varios días y prueba de frío. Durante estos ciclos son realizadas pruebas de funcionamiento esporádicas y pruebas de resistencia al aislamiento con alto voltaje. Test de vibración hasta 4 veces la gravedad durante 90 minutos en cada eje debe pasar las frecuencias de resonancia determinada sin afectar el funcionamiento adecuado.

## **Prestaciones de medida:**

Debe alcanzarse unas ciertas prestaciones de medida incluso bajo condiciones ambientales extremas (temperatura, presión, velocidad del viento, humedad relativa, vibración, etc):

**EN 61 779 / EN 60079-29-1** – para gases/vapores inflamables

**EN 45 544** – para gases y vapores tóxicos

## **Comunicación digital según EN 50 271:**

Hoy en día transmisores y unidades de control en general están controlados por ordenador. Hardware y software deben cumplir ciertos requisitos relativos a la fiabilidad del sistema.

## **Homologaciones Navales:**

Los requisitos de las llamadas sociedades de autorización por ejemplo Det Norske Veritas (DNV), Lloyds Register of Shipping (LRS), Germanischer Lloyd (GL), Bureau Veritas (BV), etc.



**HEADQUARTER:**

**Dräger Safety AG & Co. KGaA**

Revalstrasse 1

23560 Luebeck, Germany

Tel +49 451 882 0

Fax +49 451 882 2080

[www.draeger.com](http://www.draeger.com)

**Dräger Safety Hispania, S.A.**

Calle Xaudaró 5

28034 Madrid

Tel +34 913 580-244

Fax +34 917 294-899