

MANUAL

SEGURIDAD EN SILOS: TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS Y ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS (ATEX)



Avd. Madrid, s/n (La Yutera)
34004 - Palencia

www.cetece.org - info@cetece.org
Tfno.: 979 165 327 - Fax: 979 165 444

Edita: Junta de Castilla y León. Consejería de Economía y Empleo

Realiza: CETECE

Equipo de trabajo: Eva M^a de la Gala Antolín, José ramón Bahillo Villa, Héctor Toquero Lozano

Imprime: Graficolor - Palencia S.L.

Introducción

1. Introducción

El presente Manual de **Seguridad en Silos: Trabajo en Espacios Confinados y Atmósferas Explosivas**, tiene como fin el planteamiento de una serie de riesgos específicos cuyo control requiere una planificación preventiva rigurosa, especialmente en lo referente al trabajo en el interior de estos espacios confinados.

La experiencia nos indica que en las investigaciones de accidentes ocurridos en este tipo de recintos, se ha comprobado en repetidas ocasiones que en los procedimientos de trabajo seguidos, no se incluían métodos o medidas para un control satisfactorio de los riesgos existentes, o más exactamente que éstos, prácticamente no se habían tenido en cuenta en la organización del trabajo.

Para evitar estas situaciones es necesario que las empresas que se dedican a estas actividades, tengan un conocimiento lo más amplio posible sobre la naturaleza y gravedad de los riesgos que pueden presentarse en el desarrollo de los trabajos, así como los medios de prevención que deben adoptarse para controlarlos.

Por este motivo, se ha elaborado el presente Manual de Seguridad en Silos, con el objetivo fundamental de ofrecer a los responsables de la seguridad de las empresas, una recopilación de información acorde con el nivel actual de conocimientos, basada tanto en la documentación disponible al efecto, como en la propia experiencia en este campo de la prevención dentro del sector.

De igual manera, se incluye en el presente Manual, mención a las Atmósferas Explosivas (ATEX), al ser éste otro aspecto a considerar en lo relativo a la ejecución de trabajos en este tipo de recintos: Silos.

En estas zonas es, por tanto, necesario y obligatorio en base a la legislación industrial y laboral, analizar los emplazamientos con riesgo de incendio y explosión para determinar una clasificación de zonas en función del riesgo de que se produzca una atmósfera explosiva.

La clasificación en zonas va a ser la base de la prevención contra explosiones, ya que derivado de su correcta identificación va a depender la selección de los equipos a instalar y/o utilizar.

Una vez clasificadas las zonas y los equipos adecuados deberemos diseñar las medidas complementarias para una correcta prevención y protección contra explosiones.

Llegados a este punto, las industrias de panadería y pastelería son algunas de las afectadas por este riesgo, y en las que se centra el citado apartado de ATEX.

Y puesto que la conclusión final, de todos los procesos industriales con presencia de atmósferas explosivas, tiene que quedar plasmada en un Documento de Protección Contra Explosiones, se ha incluido al final del presente Manual, un modelo práctico orientativo para el sector de panadería y pastelería.

El Documento de Protección contra Explosiones deberá ajustarse exactamente a las características de la industria correspondiente, puesto que no existen dos documentos iguales, ya que éste no sólo depende de los equipos eléctricos y mecánicos de los que se dispongan, sino del equipo humano que haga funcionar estos equipos, así como de la ubicación de la instalación.

Y en último lugar, la solución dependerá del empresario, el cual debe marcar el nivel de riesgo asumible en su instalación, con el fin de no poner en riesgo a los trabajadores.

Sistemas de almacenamiento

2. Definición de silo

Un SILO es un recinto confinado con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente de oxígeno y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador.

Los accidentes en estos espacios, en su mayoría mortales por falta de oxígeno, tienen lugar por no reconocer los riesgos presentes, ocurriendo un 60 % de las muertes por este motivo durante el auxilio inmediato a las primeras víctimas.

Los riesgos en los silos son múltiples, ya que además de la acumulación de sustancias tóxicas o inflamables y escasez de oxígeno se añaden los ocasionados por la estrechez, incomodidad de posturas de trabajo, limitada iluminación, etc. Otro aspecto a destacar es la amplificación de algunos riesgos como en el caso del ruido, muy superior al que un mismo equipo generaría en un espacio abierto, por la transmisión de las vibraciones.

En general se puede decir que los trabajos en silos, por el hecho de tratarse de espacios confinados, conllevan una problemática de riesgos adicionales que obligan a unas precauciones más exigentes.

Una característica de los accidentes en estos espacios es la gravedad de sus consecuencias tanto de la persona que realiza el trabajo como de las personas que la auxilian de forma inmediata sin adoptar las necesarias medidas de seguridad, generando cada año víctimas mortales.

El origen de estos accidentes es el desconocimiento de los riesgos, debido en la mayoría de las ocasiones a falta de capacitación y adiestramiento, y a una deficiente comunicación sobre el estado de la instalación y las condiciones seguras en las que las operaciones han de realizarse.

Riesgos generales de seguridad en silos

3. Riesgos comunes en las actividades de un silo

1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
A) RIESGOS	
■	Contacto directo con partes de instalación en tensión.
■	Conductores eléctricos que no mantienen su aislamiento en todo su recorrido, como puede ser por cables pelados, o los empalmes y conexiones que se realizan de manera inadecuada.
■	Emplazamiento mojado con el consecuente riesgo de electrocución.
■	Equipos eléctricos, receptores fijos y tomas de corriente que no están protegidos contra proyecciones de agua.
■	Cortocircuitos en zonas con material altamente combustible.
B) MEDIDAS PREVENTIVAS	
■	Instalaciones protegidas con diferenciales.
■	Existencia de tomas de tierra y colocación y ubicación correctas.
■	Protección de las instalaciones con magnetotérmicos.
■	Controles periódicos del estado de las tomas de tierra (según el REBT*).
■	Equipos eléctricos con doble aislamiento.
■	Sustitución de los cables de corriente de los equipos de trabajo que no se encuentren en buen estado.
■	Cuadros eléctricos debidamente señalizados.
■	Se utilizarán guantes especiales cuando proceda en las reparaciones de equipos eléctricos, con marcado CE.

*REBT- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

2. HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS

A) RIESGOS

- Caída de objetos por manipulación.
- Golpes, cortes con diferentes herramientas y utensilios.
- Falta de orden o limpieza que puede provocar accidentes y caídas de los operarios.

B) MEDIDAS PREVENTIVAS

- Formación adecuada de los operarios en el manejo de las herramientas y utensilios.
- Proporcionar EPI's adecuados para la realización de las diferentes actividades que conlleven el uso de estas herramientas (calzado de seguridad, guantes de protección, etc.).
- Procedimiento para asegurar el mantenimiento del orden a la hora de colocar los diferentes utensilios y en su ubicación correspondiente.

4. Riesgos específicos en las actividades de un silo

1. LLENADO DEL SILO

A) RIESGOS

- Caídas de personas a distinto nivel, durante la carga del material que va a contener el silo, puesto que se emplean escaleras y/o plataformas, que normalmente son de reducidas dimensiones. Además, la barandilla de protección suele consistir únicamente en una barra de acero en un único lado de la plataforma.
- Caídas de personas al mismo nivel, debidas a posibles tropiezos con canalizaciones móviles, materiales empleados en posibles reparaciones que se estén realizando, etc.
- Incendio y explosión, que puede ser motivado por:
 - ✓ Calor procedente de chispas mecánicas y de fricción.
 - ✓ Equipos electrónicos.
 - ✓ Electricidad estática.
 - ✓ Herramientas alimentadas por baterías.
 - ✓ Llamas abiertas y chispas.
- Riesgos derivados de las condiciones meteorológicas adversas (fuertes vientos, lluvias, temperaturas extremas, etc.).
- Riesgos derivados de la utilización del aire comprimido para descargar, si es el caso. El operario puede ser golpeado con la tapa, bien del camión que transporte el material a cargar, como del propio silo, al no haber despresurizado ambos. Si las conexiones de las mangueras no están correctamente acopladas durante el proceso de descarga, pueden darse latigazos a los trabajadores, por efecto de la presión.
- Riesgo eléctrico, a causa de la proximidad con líneas de alta tensión cercanas, además de los comentados genéricamente.
- Riesgo de quemaduras en el caso de que se emplee un compresor para la descarga, ya que el aire comprimido provoca un aumento de la temperatura de las tuberías, válvulas, ... En el caso de utilizar un motor para esta descarga, éste también puede aumentar la temperatura.
- Riesgo de vuelco o movimiento inesperado del camión que traiga el material a almacenar, a causa de un desnivel, falta de compactación, ... del terreno.
- Riesgo de atrapamiento por las sustancias que se descargan, en el caso de que éstas puedan derramarse.
- Lesiones o cortes en las manos, al manipular canalizaciones o el propio silo, en caso de ser flexible, al trabajar con el tornillo sinfín y mezcladoras o en función del material del que esté construido el silo.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Lesiones por proyección de fragmentos y partículas, especialmente durante la limpieza.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Trauma sonoro por contaminación acústica, debido al uso de equipos de carga.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Descarrilamiento de la plataforma o carretilla elevadora utilizada en operaciones de carga.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Reducción de la visibilidad al introducirse polvo en los ojos.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Afecciones en la piel, según el material contenido.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgos derivados de la rotura fortuita del material del que esté fabricado el silo.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Vuelco del material, en caso de rotura del silo o maniobra involuntaria del dispositivo de apertura o cierre.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Contagios derivados de la insalubridad del lugar y/o recinto, por deficientes condiciones de limpieza.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Puesta en marcha fortuita de vehículos o maquinaria empleados en la carga.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Contacto eléctrico indirecto con masas puestas accidentalmente en tensión, como por ejemplo un equipo empleado para la limpieza, o a causa de cargas electrostáticas.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo respiratorio, debido al polvo que normalmente se desprende.
<h2>B) MEDIDAS PREVENTIVAS</h2>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo de caída a distinto nivel. En el caso del empleo de plataforma es conveniente el uso de un dispositivo de anclaje para el EPI, además de permitir el desplazamiento a lo largo de la misma. Las dimensiones de la plataforma deberán cubrir la máxima superficie posible a la que se debe acceder para realizar las operaciones de carga, revisión y control. Se evitará que la plataforma posea discontinuidades a diferente altura, lo que eliminará tropiezos. La estructura en la que se realice la plataforma deberá permitir el paso de líquidos, ser de fácil limpieza y que no acumule restos de suciedad. Para evitar la caída por el borde de la plataforma de paso, se deberá proteger preferentemente mediante una barandilla perimetral que cubra toda su superficie.

- Para evitar los riesgos derivados de la utilización del aire comprimido, no hay que desconectar ni eliminar los dispositivos de seguridad que llevan incorporados los equipos. Antes de proceder a la apertura de las bocas de descarga hay que proceder a la eliminación de la presión, abriendo las válvulas de descarga de presión y asegurarse de que no están sometidas a presión. Durante las operaciones de conexión de las mangueras al silo, se debe asegurar que los racores de conexión están perfectamente conectados y que no existen holguras.
- Señalización de que se puede tratar de una atmósfera explosiva.
- Riesgos de incendios y quemaduras:
 - ✓ No retirar los resguardos de protección del compresor. En el caso de tener que realizar cualquier control o comprobación del mismo, efectuar sólo las estrictamente necesarias y autorizadas por el fabricante.
 - ✓ Uso de guantes en el caso que se tenga que poner en contacto con elementos que puedan estar sometidos a altas temperaturas.
 - ✓ Se deberá tener próximo un extintor.
- Riesgo eléctrico, en el caso de tener que estacionar en proximidad de líneas eléctricas de alta tensión. Situarse de forma que sea imposible que una persona situada sobre la plataforma invada la zona de proximidad. Si se desconoce la tensión de la línea y no es posible su desconexión, la distancia mínima de seguridad no deberá ser inferior a 5 metros. Para evitar las cargas electroestáticas, se debe disponer de una conexión a tierra, para que las corrientes de derivación se desvíen hacia tierra.
- Riesgo de vuelco del camión que nos trae el material, para lo que se evitará que el camión se aproxime a zonas de terreno difíciles. Durante la carga y descarga, el vehículo deberá tener las ruedas inmovilizadas mediante el freno de estacionamiento.
- Utilización de EPI's para evitar el contacto del material con la piel, evitando las irritaciones, cortes, ... Además, en el caso de empleo de maquinaria ruidosa se utilizará protección auditiva.
- Para evitar el riesgo respiratorio será necesario emplear una adecuada vestimenta, así como evitar estar en la zona de producción del polvo.
- Para evitar explosiones, llevar a cabo un programa sistemático para evitar la acumulación de polvo, especialmente en las zonas calientes, además de la prohibición de fumar en la zona.

2. VACIADO DEL SILO

A) RIESGOS

- Caída de personas al mismo nivel, debidas a posibles tropiezos con canalizaciones móviles y/o materiales que se utilicen para la descarga/ vaciado.
- Incendio y explosión.
- Riesgos derivados de las condiciones meteorológicas adversas (fuertes vientos, lluvias, temperaturas extremas, etc.), que hacen más difícil la tarea
- Lesiones o cortes en manos, al manipular canalizaciones o el silo en caso de ser flexible, al trabajar con el tornillo sinfín y mezcladoras o según el material del que esté hecho el silo.
- Riesgos derivados de la presión ejercida durante el vaciado (que normalmente es un vaciado por gravedad), pudiendo ocurrir que el operario sea golpeado con las conducciones empleadas para el vaciado.
- Riesgo de quemaduras en el caso que se emplee un compresor para el vaciado, ya que el aire comprimido provoca un aumento de temperatura de las tuberías, válvulas, ... y si se toca ocasiona quemadura.
- Riesgo de atrapamiento por las sustancias que se están vaciando, en el caso de que se puedan derramar, debido a una mala conexión de las mangueras.
- Lesiones por proyección de fragmentos y partículas, por el rozamiento entre la tubería y el material, o simplemente del material que se está vaciando.
- Trauma sonoro por contaminación acústica, debido al uso de equipos de vaciado.
- Reducción de la visibilidad al introducirse polvo en los ojos.
- Afecciones en la piel, según el material contenido.
- Riesgos derivados de la rotura fortuita del material de fabricación del silo.
- Contagios derivados de la insalubridad del lugar y/o recinto, por deficientes condiciones de limpieza.
- Puesta en marcha fortuita de vehículos o maquinaria empleados en el vaciado cuando todavía se está operando con las conexiones, antes de la descarga.
- Contacto eléctrico indirecto con masas puestas accidentalmente en tensión, debido a cargas electroestáticas.

B) MEDIDAS PREVENTIVAS

- Riesgo de caída al mismo nivel, se deberá mantener un orden y limpieza en la zona de trabajo para evitar tropiezos involuntarios, además de llevar a cabo una correcta realización de los trabajos a través de normas de cómo deberán de ir dispuestas, por ejemplo, las canalizaciones. Evitar que toda persona ajena al trabajo que se está desempeñando, se encuentre en las inmediaciones de lugar.
- Para evitar los riesgos derivados de la presión ejercida durante el vaciado, se debe asegurar que todas las conexiones permanecen correctamente conectadas. Además de hacer un procedimiento de cómo debe ser la descarga, para que al inicio de la misma sea más lenta la velocidad de descarga.
- Riesgo de incendios y quemaduras:
 - ✓ No retirar los resguardos de protección de los equipos empleados. En el caso de tener que realizar cualquier control o comprobación del mismo, efectuar sólo las estrictamente necesarias y autorizadas por el fabricante.
 - ✓ Uso de guantes en el caso que se tenga poner en contacto con elementos que puedan estar sometidos a altas temperaturas.
 - ✓ Se deberá tener próximo un extintor.
- Utilización de EPI's para evitar el contacto del material con la piel, evitando las irritaciones, cortes, ... Además, en el caso de empleo de maquinaria ruidosa, se utilizará protección auditiva.
- Para evitar las cargas electrostáticas, se debe disponer de una conexión a tierra, para que las corrientes de derivación se desvíen hacia tierra.
- Para evitar el riesgo respiratorio será necesario emplear una adecuada vestimenta, así como evitar estar en la zona de producción de polvillo.

3. MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DEL SILO

A) RIESGOS

- Al realizar este tipo de operaciones, estamos hablando de un trabajo en el interior del silo, por lo que se definiría como un espacio confinado.

Espacios confinados

5. Definición de espacio confinado

Un recinto confinado con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente de oxígeno y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador.

5.1. Tipos de espacios confinados y motivos de acceso.

La definición dada anteriormente nos determina la amplitud de lugares que pueden considerarse recintos o espacios confinados.

De forma general se distinguen dos tipos de espacios confinados:

1.- ESPACIOS CONFINADOS ABIERTOS POR SU PARTE SUPERIOR Y DE UNA PROFUNDIDAD TAL QUE DIFICULTA SU VENTILACIÓN NATURAL

En este tipo se incluyen:

- Fosos de engrase de vehículos.
- Cubas de desengrasado.
- Pozos.
- Depósitos abiertos.
- Cubas.



2.- ESPACIOS CONFINADOS CERRADOS CON UNA PEQUEÑA ABERTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Se incluyen:

- Reactores.
- Tanques de almacenamiento, sedimentación, etc.
- Salas subterráneas de transformadores.
- Gasómetros.
- Túneles.
- Alcantarillas.
- Galerías de servicios.
- Bodegas de barcos.
- Arquetas subterráneas.
- Cisternas de transporte.

Los **motivos de acceso** a espacios confinados son diversos y se caracterizan por la infrecuencia de su entrada, realizada a intervalos irregulares y para trabajos no rutinarios y no relacionados con la producción, tales como los siguientes:

- Construcción del propio recinto.
- Limpieza.
- Pintado.
- Mantenimiento.
- Labores de soldadura.
- Reparación.
- Inspección.

5.2. Causas de la peligrosidad de un espacio confinado.

La **peligrosidad de los espacios confinados** se deriva de las siguientes causas y/o motivos:

- ▶ Según el producto que ha sido almacenado en el espacio confinado.
- ▶ Pérdidas o derrames accidentales, pudiendo contribuir a un aumento de accidentes del tipo: Caídas, resbalones, ...
- ▶ Reacciones químicas como las que se pueden dar según los productos empleados para la limpieza.
- ▶ Oxidación como la del material de la que está fabricado el silo, por la putrefacción o descomposición del material en el silo contenido, lo que lleva a un desplazamiento del oxígeno, por lo que hay que prestar especial atención, ya que el nivel de oxígeno cae a valores muy reducidos.
- ▶ Operaciones mecánicas, como soldadura o limpieza, pueden llevar a generar humos, ambientes inestables que producen reacciones.

- ▶ Actividades inertes pueden desplazar al oxígeno dentro del espacio o al combinarse con otras sustancias pueden formar una sustancia peligrosa.

5.3. ¿Por qué es más peligroso un espacio confinado que los otros espacios de trabajo?

- 1.- Puede haber momentos, como inundación o colapso del sólido en los que el trabajador no pueda salir del citado espacio confinado.
- 2.- El auto rescate para un trabajador es más difícil.
- 3.- En caso de accidente el rescate es más difícil, ya que por las características del espacio no se permite una fácil movilidad en la mayor parte de los casos.
- 4.- Una ventilación natural no es suficiente como para mantener la calidad del aire, además de que por la construcción esto se hace más difícil.
- 5.- Las condiciones son muy cambiantes.
- 6.- Además, según las operaciones que se realicen, en su interior pueden agravarse los riesgos.

6. Principales riesgos

1. RIESGOS POR EXPOSICIÓN A ATMÓSFERAS PELIGROSAS EN ESPACIOS CONFINADOS

A. Riesgo de asfixia por insuficiencia de oxígeno

Atmósferas asfixiantes debidas al propio recinto

CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL OXÍGENO	LUGARES CON MAYOR RIESGO
<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de oxígeno en fermentaciones y descomposiciones biológicas aerobias de materia orgánica. - Desplazamiento del oxígeno por el CO₂ desprendido en estos mismos procesos. - Absorción del oxígeno por el agua. - Consumo de oxígeno por oxidación de metales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos con ventilación escasa, especialmente los húmedos, incluso con aguas limpias: <ul style="list-style-type: none"> Pozos Arquetas Depósitos Cámaras subterráneas Fosos sépticos y de purines - Tanques y depósitos de acero.

Atmósferas asfixiantes a causa al trabajo efectuado

CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL OXÍGENO	LUGARES CON MAYOR RIESGO
<ul style="list-style-type: none"> - Liberación de conductos obstruidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cualquier recinto en el que la liberación se efectúe cerca de las vías respiratorias del trabajador.
<ul style="list-style-type: none"> - Removido o pisado de lodos. - Procesos con consumo de oxígeno: sopletes, soldadura, etc. - Empleo de gases inertes: nitrógeno, CO₂, argón, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos con ventilación insuficiente, incluso galerías y colectores.
<ul style="list-style-type: none"> - La propia respiración humana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos extremadamente reducidos.

Atmósferas asfixiantes debidas al entorno del recinto	
CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL OXÍGENO	LUGARES CON MAYOR RIESGO
- Reacciones químicas de oxidación.	- Recintos afectados por vertidos industriales.
- Desplazamiento del oxígeno por otros gases.	- Recintos comunicados con conducciones de gas.

1. RIESGOS POR EXPOSICIÓN A ATMÓSFERAS PELIGROSAS EN ESPACIOS CONFINADOS

B. Riesgo de explosión o incendio

Atmósferas asfixiantes debidas al propio recinto	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS INFLAMABLES	LUGARES CON MAYOR RIESGO
- Descomposiciones de materia orgánica con desprendimiento de gas metano.	- Fosos sépticos y de purines. - Recintos comunicados con vertederos de RSU. (Residuos sólidos Urbanos) - Instalaciones de depuración de aguas residuales.

Atmósferas asfixiantes debidas a causa del trabajo realizado	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS INFLAMABLES	LUGARES CON MAYOR RIESGO
- Procesos en los que intervienen productos inflamables: pintura, limpieza con disolventes inflamables, soldadura con soplete, revestimientos con resinas y plásticos, etc. - Sobreoxigenación por fugas o excedentes de oxígeno en trabajos de oxicorte, soldadura oxiacetilénica y similares.	- Cualquier recinto sin la ventilación correspondiente a estos procesos.

Atmósferas asfixiantes debidas al entorno del recinto	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS INFLAMABLES	LUGARES CON MAYOR RIESGO
<ul style="list-style-type: none"> - Filtraciones de conducciones de gases combustibles: gas natural, gas ciudad, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas urbanas con red de distribución de gas ciudad, gas natural, etc. - Recintos próximos a instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de gas combustible.
<ul style="list-style-type: none"> - Filtraciones y vertidos de producto inflamables: combustibles de automoción, disolventes orgánicos, pinturas, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos próximos o afectados por gasolineras, almacenes de productos químicos, talleres de pintura, polígonos industriales, etc.
<ul style="list-style-type: none"> - Emanaciones de metano procedentes del terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos afectados por terrenos como los carboníferos.

1. RIESGOS POR EXPOSICIÓN A ATMÓSFERAS PELIGROSAS EN ESPACIOS CONFINADOS

C. Riesgo de intoxicación por inhalación de contaminantes

Atmósferas asfixiantes debidas al propio recinto	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS TÓXICAS	LUGARES CON MAYOR RIESGO
<ul style="list-style-type: none"> - Descomposición biológica de materia orgánica con formación de sulfuro de hidrógeno, CO₂, amoníaco, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fosos sépticos y de purines. - Recintos mal ventilados con aguas residuales, especialmente si hay restos animales: mataderos, pescaderías, granjas, curtidoras, etc., o vegetales: almacenes y zonas de carga y descarga de grano, industrias papeleras, etc.

Atmósferas asfixiantes debidas a causa del trabajo realizado	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS TÓXICAS	LUGARES CON MAYOR RIESGO
- Difusión de gases tóxicos al liberar conductos obstruidos.	- Cualquier recinto en el que se dé liberación cerca de las vías respiratorias del trabajador.
- Removido o pisado de lodos con gases tóxicos ocluidos.	- Recintos con ventilación insuficiente.
- Procesos con desprendimiento de contaminantes: soldadura, pintura, limpieza con disolvente, corte con esmeriladoras, especialmente de materiales de fibrocemento con amianto, etc.	- Cualquier recinto sin la ventilación correspondiente a estos procesos.
- Utilización de equipos con motor de combustión, como bombas de achique, generadores eléctricos, compresores, vehículos, etc., debido a sus gases de escape, sobre todo al monóxido de carbono.	- Cualquier recinto cuando se utilizan motores de combustión en su interior o en las proximidades de su boca de entrada.

Atmósferas asfixiantes debidas al entorno del recinto	
CAUSAS MÁS COMUNES DE LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS TÓXICAS	LUGARES CON MAYOR RIESGO
- Filtraciones de monóxido de carbono de conducciones de gas ciudad.	- Recintos en zonas urbanas con conducciones de gas ciudad.
- Gases de combustión procedentes de filtraciones o comunicación con conductos de evacuación de sistemas de ventilación de garajes, calderas de calefacción, etc.	- Recintos en comunicación con este tipo de instalaciones.

- Contaminantes diversos procedentes de vertidos incontrolados: disolventes, ácidos, álcalis, residuos de procesos químicos, etc.	- Recintos de redes de aguas residuales, especialmente en las proximidades de talleres y polígonos industriales.
- Contaminantes formados por reacciones químicas accidentales: ácido cianhídrico (cianuros + ácidos), sulfuro de hidrógeno (sulfuros + ácidos), arsenamina (arsénico + hidrógeno naciente), etc.	- Recintos próximos a industrias químicas y polígonos industriales.

2. RIESGOS POR AGENTES MECÁNICOS Y FÍSICOS

A. Riesgos debidos a la configuración del lugar de trabajo

RIESGOS	CAUSAS
Atropello por vehículos	- Tráfico rodado.
Caídas a distinto nivel	- Escaleras fijas con: <ul style="list-style-type: none"> - Primeros o últimos pates difícilmente alcanzables. - Pates en mal estado. - Ausencia de parte de los pates. - Pates deslizantes por agua o lodo. - Escaleras portátiles inseguras, inestables o mal ancladas. - Bocas de entrada sin protección.
Caídas de objetos	- Materiales y equipo depositados junto a las bocas de entrada y durante su transporte al interior.
Posturas desfavorables y sobreesfuerzos	- Espacios angostos. - Tapas de cierre pesadas.
Caídas al mismo nivel	- Pisos deslizantes, irregulares o inundados.
Asfixia por inmersión o ahogamiento	- Inundación del recinto por: <ul style="list-style-type: none"> - Lluvias. - Mareas marinas. - Equipos de bombeo. - Desagües masivos: vaciado de piscinas, estaciones de depuración de agua, limpieza de grandes reactores y depósitos, etc. - Caída en recintos inundados.

Golpes, cortes y punciones	- Presencia de todo tipo de residuos: cascotes, vidrios, objetos metálicos, etc.
Agresiones de animales	- Presencia de roedores, reptiles, arácnidos, insectos, etc.
Electrocuciones	- Utilización de luminarias, herramientas y equipos eléctricos, en lugares húmedos.

2. RIESGOS POR AGENTES MECÁNICOS Y FÍSICOS

B. Riesgos debidos al trabajo realizado

TRABAJO REALIZADO	RIESGOS CARACTERÍSTICOS Y CAUSAS
Limpieza mecanizada	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes y atrapamientos con los equipos enrolladores y mangueras. - Golpes y proyecciones por rotura de las mangueras de presión. - Golpes y proyecciones en el manejo de las mangueras y sus boquillas auxiliares acoplables. - Ruido y vibraciones en el manejo de los equipos de limpieza: pistola rociadora, ...
Limpieza manual	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes, cortes y punciones, con materiales y herramientas - Posturas desfavorables y sobreesfuerzos en la retirada de residuos.
Obras de reparación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes y sobreesfuerzos en el manejo y transporte de los materiales y equipos. - Sobreesfuerzos, golpes, vibraciones y ruidos en el manejo de ciertos equipos. - Cortes, proyecciones, ruido, polvo y vibraciones en el manejo de ciertos equipos. - Electrocuciones en el manejo de equipos y herramientas eléctricas.
Instalación y mantenimiento de portillas, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes por caída y manejo de equipos. - Golpes y cortes en el manejo de herramientas manuales. - Sobreesfuerzos por manejo de elementos pesados. - Electrocuciones en los montajes eléctricos y manejo de herramientas y equipos eléctricos.

7. Medidas preventivas

En el presente apartado, una vez conocidos los principales riesgos existentes en el trabajo en espacios confinados, se presentan las medidas de prevención aplicables que los eliminan o, en su defecto, que los reducen a niveles asumibles o aceptables.

En lo referente a la prevención de los riesgos por exposición a atmósferas peligrosas en espacios confinados, se enuncian las medidas preventivas básicas.

En las medidas de prevención correspondientes a los riesgos por agentes mecánicos y físicos, se han diferenciado las medidas de protección colectivas o técnicas y las de protección individual.

Dada la importancia decisiva que tiene la instrucción de los trabajadores en los riesgos que les afectan y en su prevención, se ha incluido una relación de temas que podrían formar parte de un posible programa para su formación.

MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS RIESGOS POR EXPOSICIÓN A ATMÓSFERAS PELIGROSAS EN ESPACIOS CONFINADOS

Medidas de Prevención Básicas

1. Siempre que los medios técnicos lo permitan, **realizar los trabajos desde el exterior** del espacio confinado [1].
2. Establecer por escrito **Procedimientos de Trabajo** o **Permisos de Entrada**, en los que se indique las prevenciones concretas a adoptar en cada intervención [1].
3. Antes de entrar en un espacio confinado, **evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad** de su atmósfera interior, y proceder en consecuencia. Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto [2].
4. Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, **ventilar adecuadamente** el recinto, reforzando la ventilación natural con equipos de ventilación forzada, siempre que sea necesario [3].
5. Tener dispuesto para el uso y en su caso utilizar **equipos respiratorios aislantes** de protección individual que permitan respirar al usuario independientemente de la atmósfera interior [4].
6. Mantener de forma **permanente personal de vigilancia en el exterior**, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior [5] [6].
7. **Evacuar inmediatamente el recinto** cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos de medición, como por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia [2].

Ver ampliación del tema en los apartados del Manual que se indican a continuación:

[1] 7.1. Autorizaciones de Entrada al recinto. Procedimientos de Trabajo.

[2] 7.2. Medición y Evaluación de la atmósfera interior.

[3] 7.3. Ventilación de espacios confinados.

[4] 7.4. Protección personal respiratoria.

[5] 7.5. Vigilancia desde el exterior.

[6] 8. Auxilio y rescate de accidentados.

MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS RIESGOS DEBIDOS A AGENTES MECÁNICOS Y FÍSICOS EN ESPACIOS CONFINADOS

Protecciones Colectivas	
Accidentes de tráfico	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos para señalización del tráfico diurno y nocturno: conos reflectantes, vallas, señales de tráfico, balizas, luminarias de precaución, etc.
Caídas a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas, defensas, rejillas, etc. para la protección de las bocas de entrada. - Escaleras fijas y portátiles seguras y estables. - Las escalas colgantes de cuerda con peldaños de madera, o similares, deben desecharse como equipo de trabajo. - Estribos y tramos portátiles o escamoteables, acoplables a la parte superior de las escaleras fijas, para facilitar el alcance de los primeros pates. - Reubicación correcta de los primeros y últimos pates para que permitan su acceso fácilmente.
Caídas de objetos y sobreesfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> - Defensas alrededor de las bocas de entrada. - Dispositivos para la bajada y subida de equipos y materiales que eviten su transporte manual. - Herramientas adecuadas para la apertura y cierre de las tapas de registro.
Caídas al mismo nivel	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas o elementos corridos de sujeción. - Varas de tanteo para suelos inundados.
Asfixia por inmersión o ahogamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Prohibición de entrada en días de lluvia. - Información meteorológica sobre posibles lluvias. - Coordinación con los servicios de mantenimiento de instalaciones que puedan incidir súbitamente en los recintos visitados.
Golpes, cortes y punciones	<ul style="list-style-type: none"> - Empleo exhaustivo de las boquillas acoplables a las mangueras de alta presión del camión de saneamiento: limpiadoras, perforadoras, ladrillo, teja, etc., y de la manguera de succión.
Lesiones por equipos de alta presión	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir correctamente las instrucciones de utilización y mantenimiento indicadas por el fabricante de los equipos: manejo de los mandos de los grupos de presión y succión, carrete de recogida, revisiones periódicas, etc.
Agresiones de animales	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas periódicas de desratización, desinsectación, etc.
Electrocuciones	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de herramientas neumáticas o hidráulicas siempre que sea posible. - Las luminarias y equipos eléctricos portátiles deben estar protegidos de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión (R.D. 842/2002), ITC-BT-24, ITC-BT-30 e ITC-BT-44 (generalmente, mediante tensiones de 24 voltios y separación de circuitos).

MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS RIESGOS DEBIDOS A AGENTES MECÁNICOS Y FÍSICOS EN ESPACIOS CONFINADOS

Protecciones Individuales

Equipos de Protección Individual

Clase	Equipo	Tipo de protección que deben ofrecer
Contra caída de alturas	Sistemas anticaídas	- Contra caídas de alturas en ascensos y descensos verticales.
De cabeza	Cascos	- Contra caída de objetos sobre la cabeza. - Contra golpes contra elementos fijos o móviles.
De ojos y cara	Gafas y pantallas faciales	- Contra proyecciones y salpicaduras de agua. - Contra proyecciones de partículas, en función del trabajo realizado.
De oídos	Protectores auditivos faciales	- Contra el ruido..
De manos y brazo	Guantes	- Contra golpes, cortes y punciones. - Contra el agua y productos químicos. - Contra microorganismos. - Contra vibraciones.
De pies y piernas	Calzado	- Contra el agua. - Contra golpes y caída de objetos. - Contra la perforación de la suela. - Contra el deslizamiento.
De cuerpo entero	Vestuario	- Contra el agua. - Contra atropellos de vehículos (alta visibilidad). - Contra ahogamientos (chalecos salvavidas). - Equipos de salvamento mediante izado (arneses, lazos y cuerdas).

TÉCNICAS DE PREVENCIÓN GENERAL	
Formación preventiva para trabajadores	
Temas	Conocimientos básicos
Identificación de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Atmósferas peligrosas, clases y causas de su formación. - Riesgos debidos a la configuración de los espacios confinados. - Riesgos debidos a los trabajos a realizar. - Evaluación de riesgos previa a la entrada. Permisos de trabajo.
Evaluación de atmósferas peligrosas	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de aparatos de medición, prestaciones y limitaciones. - Metodica de las mediciones. - Límites de contaminación máxima tolerable. - Actuación en función de los resultados de la evaluación.
Ventilación	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilación natural y forzada. - Tipos de ventiladores. - Metodica de la ventilación, prácticas.
Protecciones individuales de las vías respiratorias	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos respiratorios aislantes y Equipos filtrantes. - Prestaciones y limitaciones. - Prácticas de utilización.
Vigilancia y rescate	<ul style="list-style-type: none"> - Transcendencia de la vigilancia continuada. - Comunicaciones interior-exterior y exterior-centro asistencial. - Solicitudes de auxilio, previsión y mensajes precisos. - Procedimientos de rescate según las condiciones. - Simulacros de rescate de accidentados en atmósferas peligrosas. - Evacuaciones de emergencia, consignas y prácticas.
Primeros auxilios	<ul style="list-style-type: none"> - Cursillos de socorrismo: heridas, traumatismos, electrocuciones, quemaduras, etc. - Técnicas de reanimación. - Manejo de aparatos de reanimación.
Prevención sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Enfermedades infecciosas, vías de transmisión y prevención. - Desinfección de heridas. - Hábitos de higiene personal.
Prevención de riesgos generales	<ul style="list-style-type: none"> - Accidentes de tráfico, señalización viaria. - Medios de acceso al fondo de los recintos. - Consignas contra el riesgo de inundaciones repentinas. - Manejo de equipos de alta presión. - Manipulación de cargas. - Equipos eléctricos en ambientes húmedos. - Utilización correcta de equipos de protección individual.

7.1. Autorizaciones de entrada al recinto, procedimientos de trabajo

El objetivo de estas Autorizaciones de Entrada, será que toda intervención en recintos confinados, esté precedida por una evaluación de los riesgos que puedan presentarse durante la permanencia en su interior, realizada bajo la responsabilidad de una persona suficientemente capacitada, que a su vez determine y garantice la aplicación de las medidas concretas de prevención que deben adoptarse para su control.

Las dos herramientas para este control de las entradas en espacios confinados son:

- Procedimiento normalizado para la evaluación de los requisitos de entrada.
- Permiso o autorización de entrada por escrito.

Autorización de entrada al recinto

Esta autorización es la base de todo plan de entrada en un recinto confinado. Con ella se pretende garantizar que los responsables de producción y mantenimiento han adoptado una serie de medidas fundamentales para que se pueda intervenir en el recinto.

Es recomendable que el sistema de autorización de entrada establecido contemple a modo de check-list la revisión y control de una serie de puntos clave de la instalación (limpieza, purgado, descompresión, etc.), y especifique las condiciones en que el trabajo deba realizarse y los medios a emplear.



Las características generales de dicha autorización vienen detalladas en la **Nota Técnica de Prevención NTP-30 "Permisos de trabajos especiales"**.

La autorización de entrada al recinto firmada por los responsables de producción y mantenimiento y que debe ser válida sólo para una jornada de trabajo, debe complementarse con normativa sobre procedimientos de trabajo en la que se regulen las actuaciones concretas a seguir por el personal durante su actuación en el interior del espacio.

Procedimientos de Trabajo

Tanto por razones legales como técnicas, en las intervenciones y trabajos en los espacios confinados resulta imprescindible disponer previamente de **procedimientos de trabajo**, donde se especifiquen claramente las condiciones en las que deben realizarse las operaciones para que los posibles riesgos existentes, se eviten o queden controlados adecuadamente.

La elaboración de Procedimientos de Trabajo en espacios confinados requiere unas exigencias muy diferentes de las correspondientes a los destinados a operaciones en lugares de trabajo convencionales, en especial en lo relativo al control de las exposiciones a atmósferas peligrosas y el auxilio de los posibles accidentados.

Algunas de las cuestiones que deberían ser incorporadas a este procedimiento de trabajo son:

Medios de acceso al recinto (escaleras, plataformas,...).

Medidas preventivas a adoptar durante el trabajo, (ventilación, control continuado de la atmósfera interior, etc.).

Equipos de protección personal a emplear (máscaras respiratorias, arnés y cuerda de seguridad, etc.).

Equipos de trabajo a utilizar (material eléctrico y sistema de iluminación adecuado y protegido, entre otros).

Vigilancia y control de la operación desde el exterior.

Dicho procedimiento de trabajo puede incorporarse al propio documento de autorización de trabajo, referido anteriormente como instrucciones complementarias, o bien, para el caso de trabajos de cierta periodicidad, constituir una normativa de trabajo ya preestablecida.



Figura 1.: Esquema General de la elaboración de un Procedimiento de Trabajo.

7.2. Medición y evaluación de la atmósfera interior.

Para determinar las condiciones en las que debe efectuarse la entrada en un espacio confinado, es preciso conocer ciertos datos básicos sobre la composición de su atmósfera interior que nos permitan determinar su grado de peligrosidad.

Las mediciones de la concentración ambiental de gases y vapores que es necesario realizar, requieren una cierta preparación técnica del personal que las vaya a realizar, y un cuidado de los equipos de medición, si se desea que los resultados obtenidos sean fiables.

El control de los riesgos específicos por atmósferas peligrosas requiere de mediciones ambientales con el empleo de instrumental adecuado.

Las mediciones deben efectuarse previamente a la realización de los trabajos y de forma continuada mientras se realicen éstos y sea susceptible de producirse variaciones de la atmósfera interior.

Dichas mediciones previas deben efectuarse desde el exterior o desde zona segura. En el caso de que no pueda alcanzarse desde el exterior la totalidad del espacio, se deberá ir avanzando paulatinamente y con las medidas preventivas necesarias desde zonas totalmente controladas. (Ver Figura 2)



Figura 2

Especial precaución hay que tener en rincones o ámbitos muertos en los que no se haya podido producir la necesaria renovación de aire y puedan haberse acumulado sustancias contaminantes.

Los equipos de medición normalmente empleados son de lectura directa y permiten conocer in situ las características del ambiente interior.

Para exposiciones que pueden generar efectos crónicos y que se requiera una mayor fiabilidad en la medición ambiental, deben utilizarse equipos de muestreo para la captación del posible contaminante en soportes de retención y su análisis posterior en laboratorio.

El instrumental de lectura directa puede ser portátil o bien fijo en lugares que por su alto riesgo requieren un control continuado.

Para mediciones a distancias considerables hay que tener especial precaución en los posibles errores de medición, en especial si es factible que se produzcan condensaciones de vapores en el interior de la conducción de captación.

Medición de oxígeno

El porcentaje de oxígeno no debe ser inferior al 20,5%. Si no es factible mantener este nivel con aporte de aire fresco, deberá realizarse el trabajo con equipos respiratorios semiautónomos o autónomos, según el caso.

En la actualidad los equipos de detección de atmósferas inflamables (explosímetros) suelen llevar incorporado sistemas de medición del nivel de oxígeno.



Figura 3. Medición del contenido de oxígeno.

Medición de atmósferas inflamables o explosivas

La medición de sustancias inflamables en aire se efectúa mediante explosímetros, equipos calibrados respecto a una sustancia inflamable patrón.

Para la medición de sustancias diferentes a la sustancia patrón se dispone de gráficas suministradas por el fabricante que permiten la conversión del dato de lectura al valor de la concentración de la sustancia objeto de la medición.

Es necesario que estos equipos dispongan de sensor regulado para señalar visual y acústicamente cuando se alcanza el 10% y el 20-25% del límite inferior de inflamabilidad.

Cuando se pueda superar el 5% del límite inferior de inflamabilidad el control y las mediciones serán continuadas.

Mientras se efectúen mediciones o trabajos previos desde el exterior de espacios con posibles atmósferas inflamables hay que vigilar escrupulosamente la existencia de focos de ignición en las proximidades de la boca del recinto.



Figura 4. Medición simultánea del Índice de Explosividad y de los contenidos de oxígeno, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno.

Medición de atmósferas tóxicas

Para la medición de este tipo de atmósferas, se utilizan detectores específicos según el gas o vapor tóxico que se espera encontrar en función del tipo de instalación o trabajo.

Se suelen emplear bombas manuales de captación con tubos clorimétricos específicos, aunque existen otros sistemas de detección con otros principios de funcionamiento.

Cabe destacar que el empleo de mascarillas buconasales está limitado a trabajos de muy corta duración para contaminantes olfativamente detectables y para concentraciones muy bajas.



Figuras 5 y 6. Medición con tubo detector específico cuantitativo para amoníaco.
Medición con detector continuo de CO₂ con alarma óptica y acústica.

7.3. Ventilación de espacios confinados.

La ventilación de los espacios confinados, constituye una medida fundamental de prevención, tanto por la relativa sencillez de su aplicación como por su eficacia.

Esto es así, ya que existe la posibilidad de que:

- ✓ Estén presentes o se generen contaminantes peligrosos inesperados o difícilmente detectables con los instrumentos de medida habituales.
- ✓ El ambiente se degrade con tal rapidez que los aparatos de medida no puedan alertar con suficiente antelación.
- ✓ Se produzcan errores en las mediciones por manejo incorrecto de los instrumentos de medida, fallo en su funcionamiento, incorrecciones en la metódica seguida, etc.

La ventilación es una de las medidas preventivas fundamentales para asegurar la inocuidad de la atmósfera interior, tanto previa a la realización de los trabajos caso de encontrarse el ambiente contaminado o irrespirable o durante los trabajos por requerir una renovación continuada del ambiente interior.

Generalmente la ventilación natural es insuficiente y es preciso recurrir a ventilación forzada. El caudal de aire a aportar y la forma de efectuar tal aporte con la consiguiente renovación total de la atmósfera interior está en función de las características del espacio, del tipo de contaminante y del nivel de contaminación existente, lo que habrá de ser determinado en cada caso estableciendo el procedimiento de ventilación adecuado. Así, por ejemplo, cuando se trate de extraer gases de mayor densidad que la del aire será recomendable introducir el tubo de extracción hasta el fondo del recinto posibilitando que la boca de entrada a éste sea la entrada natural del aire (Ver Figura 7). En cambio si se trata de sustancias de densidad similar o inferior a la del aire será recomendable insuflar aire al fondo del recinto facilitando la salida de aire por la parte superior.

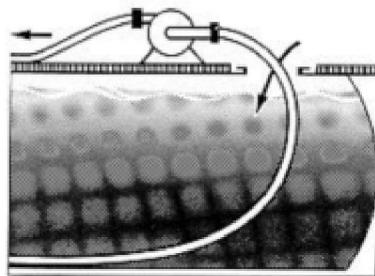


Figura 7. Ventilación de un recinto con gases de densidad superior a la del aire.

Los circuitos de ventilación (soplado y extracción) deben ser cuidadosamente estudiados para que el barrido y renovación del aire sea correcto.

Cuando sea factible la generación de sustancias peligrosas durante la realización de los trabajos en el interior, la eliminación de los contaminantes se realizará mediante extracción localizada o por difusión. La primera se utilizará cada vez que existan fuentes puntuales de contaminación (Ejemplo: Humos de soldadura); (Ver Figura 8).



Figura 8. Extracción localizada.

La ventilación por dilución se efectuará cuando las fuentes de contaminación no sean puntuales. Hay que tener en cuenta que el soplado de aire puede afectar a una zona más amplia que la aspiración para poder desplazar los contaminantes a una zona adecuada. Además la técnica de dilución de menor eficacia que la de extracción localizada exige caudales de aire más importantes.

Especial precaución hay que tener en el recubrimiento interior de recipientes, ya que la superficie de evaporación es muy grande pudiéndose cometer errores en las mediciones, siendo necesario calcular con un amplio margen de seguridad el caudal de aire a aportar y su forma de distribución para compensar la contaminación por evaporación que además el propio aire favorece.

La velocidad del aire no deberá ser inferior a 0,5 m/segundo.

Todos los equipos de ventilación deberán estar conectados equipotencialmente a tierra, junto con la estructura del espacio, si éste es metálico.

En ningún caso el oxígeno será utilizado para ventilar un espacio confinado.

7.4. Protección personal respiratoria.

Las características de la actividad van a exigir que los elementos de protección respiratoria formen parte del equipamiento normal de trabajo, sin olvidar por ello que deben constituir siempre el último recurso a utilizar cuando el resto de las técnicas de control sean insuficientes.

PROTECCIÓN PERSONAL RESPIRATORIA		
Equipos de Protección Respiratoria: Clasificación Básica		
	Clases	Características principales
Equipos de protección respiratoria	Equipos filtrantes	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario respira el aire que le rodea después de atravesar un filtro que retiene sus impurezas. - No protegen contra la deficiencia de oxígeno. - Están diseñados para la protección contra atmósferas con concentraciones moderadas de contaminantes previamente identificados. - El tiempo de protección está limitado por la cantidad de retención del filtro.
	Equipos respiratorios aislantes	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario respira aire independiente de la atmósfera que le rodea. - Están diseñados para la protección contra atmósferas deficientes en oxígeno, o con concentraciones elevadas de contaminantes. - El tiempo de protección está limitado en el caso de los equipos autónomos por la capacidad de las botellas, y generalmente es ilimitado en el de los semiautónomos.
	Equipos de evacuación, escape, o autosalvamento	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden ser filtrantes o respiratorios aislantes. - Están diseñados para permitir la huida de una atmósfera peligrosa en caso de emergencia, no para realizar trabajos con ellos. - El tiempo de protección es generalmente corto.

7.5. Vigilancia desde el exterior.

En el interior de espacios confinados, ocurre frecuentemente que la debilidad general y estado de confusión que se presenta en las primeras fases de la asfixia o intoxicación, imposibilitan al accidentado para salir del recinto por sus propios medios, con lo que la agresión progresa a medida que la exposición se prolonga.

Por estas razones y otras, como la necesidad de ayuda en casos de lesiones físicas, indisposiciones naturales, o simples incidencias de trabajo, resulta imprescindible establecer una vigilancia permanente desde el exterior planificada para cubrir estas emergencias.

La vigilancia desde el exterior, cuyos aspectos básicos se contemplan seguidamente, debe completarse con el punto “Auxilio y rescate de accidentados”, que se trata a continuación, en el apartado 8.

Se requiere un control total desde el exterior de las operaciones, en especial el control de la atmósfera interior cuando ello sea conveniente y asegurar la posibilidad de rescate.

La persona que permanecerá en el exterior debe estar perfectamente instruida para mantener contacto continuo visual o por otro medio de comunicación eficaz con el trabajador que ocupe el espacio interior.

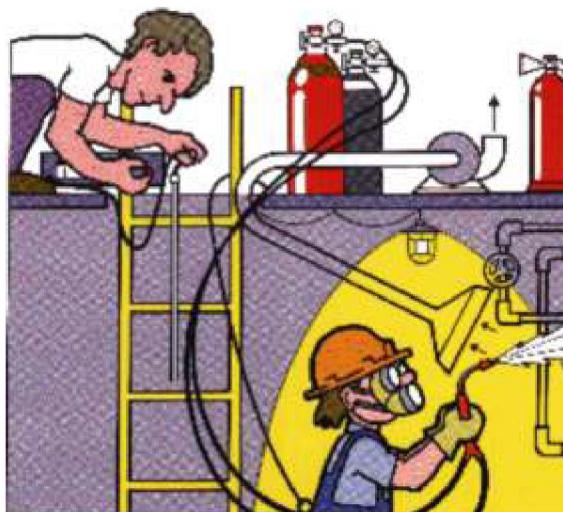


Figura 9. Vigilancia externa continuada.

Dicha persona tiene la responsabilidad de actuar en casos de emergencia y avisar tan pronto advierta algo anormal. El personal del interior estará sujeto con cuerda de seguridad y arnés, desde el exterior, en donde se dispondrá de medios de sujeción y rescate adecuados, así como equipos de protección respiratoria frente a emergencias y elementos de primera intervención contra el fuego si es necesario.

Antes de mover una persona accidentada deberán analizarse las posibles lesiones físicas ocurridas. Una vez el lesionado se haya puesto a salvo mediante el equipo de rescate, eliminar las ropas contaminadas, si las hay, y aplicar los primeros auxilios mientras se avisa a un médico.

A modo de resumen, se exponen seguidamente las Normas Básicas de vigilancia desde el exterior.

VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
Normas Básicas	
<ul style="list-style-type: none"> - La vigilancia desde el exterior debe ser permanente mientras haya personal en el interior. - El personal del interior debe estar en comunicación continua con el del exterior, utilizando para ello un sistema adecuado: visual, acústico, radiofónico, etc. - En el interior de galerías y colectores el equipo de trabajo, como norma general, debe estar compuesto al menos por dos personas. - Establecer claramente en qué casos se acometerá el rescate de accidentados por el personal de vigilancia y en cuáles se recurrirá al auxilio de equipos especializados. - Realizar periódicamente simulacros de emergencias, incluyendo en su caso el rescate y auxilio de accidentados. - Tener siempre disponibles los números de teléfono de coordinación de emergencias (S.O.S.112 ó equivalentes) y los de los centros de asistencia correspondientes a la zona de trabajo. - Familiarizar al personal con el uso de los medios de comunicación y los modos de petición de auxilio. - Asistir periódicamente a cursillos de socorrismo y primeros auxilios. - Establecer planes de mantenimiento de los equipos de comunicación y salvamento, siguiendo las instrucciones de los fabricantes. 	

VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
Sistemas de comunicación	
Necesidades de comunicación	Sistemas de comunicación utilizables
Necesidades de comunicación	Visual: <ul style="list-style-type: none"> - Directa - Mediante códigos de señales luminosas con linternas o similares.
	Acústico: <ul style="list-style-type: none"> - Mediante código de señales sonoras con bocinas neumáticas, silbatos o similares. - Alarmas sonoras manuales. - Avisadores de "persona inmóvil", alarmas que se activan automáticamente ante la falta de movimiento durante un tiempo prefijado.
	Con cuerdas: Mediante código de señales con tirones.
	Radiotelefónicos: Mediante "walkie-talkies", teléfonos móviles, buscapersonas, etc.
	<ul style="list-style-type: none"> - Radio emisoras en los vehículos de trabajo. - Teléfonos móviles. - "Walkie-talkies".

VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR

Ejemplos de equipos de comunicación




Alarma sonora de persona inmóvil

VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR**Ejemplos de equipos de comunicación****Alarma sonora de persona inmóvil****7.6. Formación y adiestramiento.**

Dado el cúmulo de accidentados en recintos confinados debido a la falta de conocimiento del riesgo, es fundamental formar a los trabajadores para que sean capaces de identificar lo que es un recinto confinado y la gravedad de los riesgos existentes (Ver Figura 10).

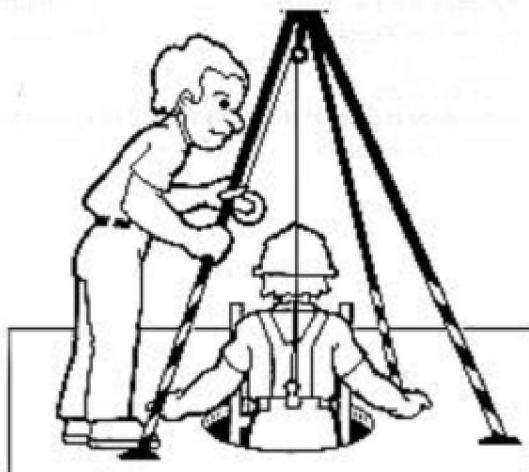


Figura 10. Entrenamiento.

Para estos trabajos debe elegirse personal apropiado que no sea claustrofóbico, ni temerario, con buenas condiciones físicas y mentales y, preferiblemente, menores de 50 años.

Estos trabajadores deberán ser instruidos y adiestrados en:

- Procedimientos de trabajo específicos, que en caso de ser repetitivos como se ha dicho deberán normalizarse.
- Riesgos que pueden encontrar (atmósferas asfixiantes, tóxicas, inflamables o explosivas) y las precauciones necesarias.
- Utilización de equipos de ensayo de la atmósfera.
- Procedimientos de rescate y evacuación de víctimas así como de primeros auxilios.
- Utilización de equipos de salvamento y de protección respiratoria.
- Sistemas de comunicación entre interior y exterior con instrucciones detalladas sobre su utilización.
- Tipos adecuados de equipos para la lucha contra el fuego y como utilizarlos.
- Es esencial realizar prácticas y simulaciones periódicas de situaciones de emergencia y rescate.

8. Auxilio y rescate de accidentados

Como última medida preventiva, se destaca el auxilio a los accidentado, especialmente en el caso de intoxicación. Este rescate se ve sujeto a tres condicionantes, como son:

1. Los medios necesarios para sacar al accidentado de manera rápida, y sin la necesidad de entrar en una atmósfera peligrosa.
2. Si hay que entrar en la atmósfera peligrosa y se dispone de equipos respiratorios aislantes autónomos o semiautónomos.
3. Si hay que entrar en la atmósfera peligrosa y no se tenemos equipos respiratorios aislantes autónomos o semiautónomos.

De cualquiera de manera, la persona encargada del auxilio debe tener en cuenta, ante todo su seguridad, que debe realizar el rescate de forma rápida, y que cuando esté con el accidentado debe proporcionarle aire no contaminado cuanto antes.

El procedimiento a seguir es sacar cuanto antes fuera del recinto al accidentado; en caso que esto se pueda hacer rápidamente, en el caso de esto no ser posible, habrá que solicitar ayuda y proporcionarle nosotros el aire si disponemos del equipo respiratorio. Mientras transcurre esto se debe llamar cuanto antes a la asistencia médica.

Los primeros auxilios a aplicar serán:

- 1º.- Evitar la obstrucción de las vías respiratorias del accidentado.
- 2º.- Tumbarle sobre su espalda, abrigarle y tranquilizarle.
- 3º.- Desabrocharle el cinturón, cuello camisa y ropa ajustada. (Si presenta palidez en la cara, elevarle las piernas).
- 4º.- Si se dispone de mascarilla de reanimación, aplicársela hasta recibir asistencia médica.
- 5º.- Si no respira, aplicarle respiración artificial.
- 6º.- Si no tiene pulso, aplicarle simultáneamente reanimación cardiaca y la respiración artificial.
- 7º.- Y por último, trasladarle en un medio adecuado a un centro sanitario.



Figura 11. Auxilio y rescate de accidentados.

AUXILIO Y RESCATE DE ACCIDENTADOS

Principios básicos para un salvamento eficaz

El auxiliador debe garantizarse previamente su propia seguridad.

El rescate debe ser rápido, pero no precipitado o inseguro.

El accidentado debe recibir aire respirable lo antes posible.

El accidentado necesitará asistencia médica urgente.

ATEX (Atmósferas explosivas)

9. Definición

La Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, establece el marco legislativo para una adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

En el ámbito de la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas (ATEX) en el lugar de trabajo, el Real Decreto 681/2003, constituye la base legal para garantizar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores expuestos a atmósferas explosivas, habiendo transpuesto a la normativa estatal la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Se consideran ATEX los emplazamientos con gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables así como los emplazamientos con polvo o fibras combustibles.

10. Normativa: Real Decreto 681/2003 (Directiva 1999/92/CE) y R.D. 400/1996 (Directiva 94/9/CE) equipos para atmósferas explosivas.

La protección contra explosiones es de vital importancia para la seguridad, puesto que las explosiones pueden ser causa de vidas de trabajadores por los efectos incontrolados de las llamas y de las presiones, la presencia de productos de reacción nocivos, así como el consumo del oxígeno ambiental respirado por los trabajadores.

Respecto a la seguridad laboral, la referencia fundamental es la Directiva 1999/92/CE sobre **Disposiciones Mínimas de Seguridad** para la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas.

Esta Directiva ha sido transpuesta al marco jurídico nacional mediante el R.D. 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (BOE núm. 145, de 18 de junio de 2003), el cual constituye la base legal para garantizar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores expuestos a atmósferas explosivas.

En el citado R.D. 681/2003 se cita expresamente la necesidad de protección contra llamas, presiones y productos de reacción nocivos, siendo imprescindible prever medidas adicionales cuando se produzca la ignición. En línea con la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, se especifica que deben coordinarse los trabajadores de diferentes empresas en el mismo lugar de trabajo y que son obligaciones del empresario impedir la formación de atmósferas explosivas, evitar la ignición de atmósferas explosivas y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión.

Como característica propia se incluye la obligatoriedad de establecer una clasificación en zonas de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas y la necesidad de elaborar y mantener un DOCUMENTO DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

En resumen, su objetivo es obligar al empresario a realizar las siguientes funciones de protección contra explosiones:

- ✓ Determinar los peligros y valorar los riesgos del área de trabajo;
- ✓ Fijar medidas específicas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores expuestos al riesgo de atmósferas explosivas;
- ✓ Garantizar un entorno de trabajo seguro y velar por una vigilancia apropiada durante la presencia de trabajadores en proporción con la valoración de riesgos;
- ✓ Determinar las necesarias medidas y modalidades de coordinación cuando trabajen varias empresas en un mismo emplazamiento; y
- ✓ Elaborar un documento de protección contra explosiones.

Desde el lado de la seguridad de los equipos y productos para su uso en atmósferas explosivas, la Directiva 94/9/CE "Equipos de protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas", establece los *Requisitos Esenciales de Seguridad* que deben cumplir dichos productos, así como los procedimientos para la acreditación de la conformidad. Por todo ello, esta Directiva, denominada ATEX 100, establece la responsabilidad de los fabricantes de dichos equipos. Esta directiva está transpuesta mediante el R.D. 400/1996.

El Real Decreto 400/1996, establece los requisitos esenciales de seguridad que deben cumplir los equipos y aparatos eléctricos y no eléctricos que se instalen en lugares donde se pueden formar atmósferas explosivas, así como los procedimientos para la certificación y marcado de tales equipos.

Una de sus características es su planteamiento global del riesgo, considerando no sólo las fuentes de ignición eléctricas, sino también las debidas a cualquier tipo de equipamiento mecánico (chispas de origen mecánico, ...).

En consecuencia, los equipos eléctricos y no eléctricos que se instalen en lugares donde se pueden formar atmósferas explosivas deben cumplir unos requisitos, obtener una certificación y ser marcados conforme a las disposiciones del Real Decreto 400/1996.

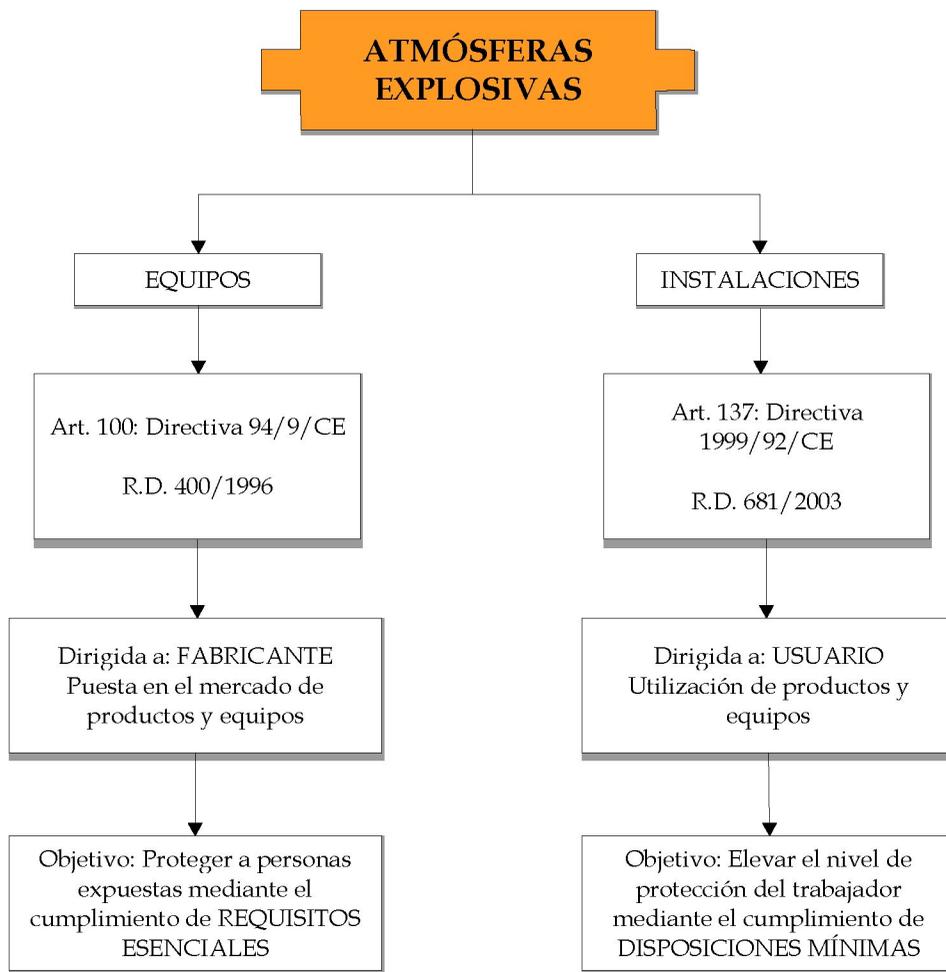


Figura 12. Dualidad equipos/instalaciones para atmósferas explosivas.

La Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-029 aprobada con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, a través del RD 842/2002, tiene por objeto especificar las reglas esenciales para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en emplazamientos en los que existe riesgo de explosión o de incendio debido a la presencia de sustancias inflamables para que dichas instalaciones y sus equipos no puedan ser, dentro de límites razonables, la causa de inflamación de dichas de sustancias.

Dentro del concepto de atmósferas potencialmente explosivas la Instrucción considera aquellos emplazamientos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de inflamarse o explosionar, siendo sostenida la reacción por el aporte de oxígeno procedente del aire ambiente en que se encuentran.

En esta Instrucción sólo se consideran los riesgos asociados a la coexistencia en el espacio y tiempo de equipos e instalaciones eléctricas con atmósferas explosivas.

El procedimiento para alcanzar un nivel de seguridad aceptable se fundamenta en el empleo de equipamiento construido y seleccionado de acuerdo a ciertas reglas así como en la adopción de medidas de seguridad especiales de instalación, inspección, mantenimiento y reparación, en relación con la acotación del riesgo de presencia de atmósfera explosiva mediante una clasificación de los emplazamientos en los que se pueden producir atmósferas explosivas.

Según la clasificación en que se incluye el emplazamiento, es necesario recurrir a un tipo determinado de medidas constructivas de los equipos, de instalación, supervisión o intervención, como se detalla en la Instrucción y normas que en ella se citan. Indica también que es preciso llevar a cabo la explotación, conservación y mantenimiento de la instalación y sus componentes, dentro de unos límites estrictos, para que las condiciones de seguridad no se vean comprometidas durante su vida útil.

Para establecer los requisitos que han de satisfacer los distintos elementos constitutivos de la instalación eléctrica en emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas, estos emplazamientos se agrupan en dos clases según la naturaleza de la sustancia inflamable, denominadas como Clase I si el riesgo es debido a gases, vapores o nieblas y como Clase II si el riesgo es debido a polvo. En las anteriores clases se establece una subdivisión en zonas según la probabilidad de presencia de la atmósfera potencialmente explosiva.

En resumen, en el REBT se emplazan equipos eléctricos en las distintas Zonas y en Seguridad laboral se evalúan los puestos de trabajo situados en las Zonas previamente clasificadas. Ambas normativas son coincidentes en la clasificación de Zonas.

11. Documento de protección contra explosiones (DPCEX)

Según se indica en el R.D. 681/2003, es obligación del empresario, la elaboración del Documento de Protección Contra Explosiones (DPCEX), en todos aquellos lugares de trabajo donde exista un peligro derivado de la presencia de una atmósfera explosiva.

Dicha obligatoriedad queda reflejada en el Art. 8 del citado Real Decreto, donde se determina que corresponde al empresario la obligación de que se elabore el DPCEX. Por todo ello, el empresario adoptará las medidas necesarias para que este Documento sea revisado en función de las modificaciones, ampliaciones o transformaciones, así como los cambios organizativos del trabajo que se produzcan.

Dicho Documento se debe mantener actualizado y debe reflejar:

- a) La determinación y evaluación de los riesgos de explosión.
- b) La clasificación de las áreas de riesgo en zonas.
- c) Determinar las áreas donde se aplicarán los requisitos mínimos de seguridad, que posteriormente se citarán.
- d) Indicación de que, tanto el lugar como los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados, se utilizan y mantienen teniendo en cuenta la seguridad.

El Art. 7, del Real Decreto 681/2003, concreta la necesidad de que el empresario clasifique las zonas de riesgo de explosión, que viene determinada igualmente por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). El nuevo REBT Real Decreto 842/2002, lleva consigo cambios importantes en lo referente a emplazamientos Clase II, lo cual nos ubica dentro del nuevo marco jurídico preventivo e industrial.

Este Documento de Protección Contra Explosiones se revisará siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en el lugar de trabajo, en los equipos o en la organización del trabajo.

El Real Decreto 681/2003 determina, por tanto, la obligación del empresario de disponer de la Evaluación de los Riesgos de Explosión y del Documento de Protección Contra Explosiones.

Dicho documento debe adaptarse a las condiciones operacionales existentes en cada industria, y estar estructurado de la mejor manera posible, siendo de fácil lectura y comprensión. En consecuencia, el volumen de la documentación no debe ser excesivo, siendo aconsejable configurarlo de manera flexible, en forma de fichas, pudiendo así ser ampliado a medida que se modifiquen o incorporen nuevas unidades de proceso.

En resumen, el DPCEX tiene como finalidad presentar un estudio global de las conclusiones de la evaluación de riesgos y de las medidas técnicas y organizativas tomadas para el control de los mismos.

El DPCEX deberá:

- Adaptarse a las condiciones operativas que se presenten en cada situación.
- Estructurarse de forma que se facilite su lectura y su comprensión.

Podemos establecer el siguiente proceso operativo para su ejecución y elaboración:

- Si la instalación es nueva:
 - Clasificación de zonas, según el R.D. 681/2003, en su Anexo I.
 - Elaboración del DPCEX (antes de la puesta en marcha).
 - Medidas técnicas y organizativas (R.D. 681/2003, en su Anexo II-parte A).
 - Elección de los aparatos (Categoría 1 2 3).
 - Revisión del DPCEX, siempre que proceda.
- Instalación existente:
 - Clasificación, si procede, de las zonas (RD 681/2003 Anexo I).
 - Elaboración del DPCEX (obligatorio desde el 1 de julio de 2006).
 - Medidas técnicas y organizativas (RD 681/2003 Anexo II-Parte A).
 - Adecuación y/o elección de los Aparatos (Categoría 1 2 3).
 - Revisión del DPCEX, si procede.

Se muestra un ejemplo de la estructura que podría adoptar el citado DOCUMENTO DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

a) Descripción del lugar de trabajo y sectores de actividad

El lugar de trabajo se subdivide en sectores de actividad. En el documento de protección contra explosiones se deben describir los sectores de actividad en los que existe peligro de atmósfera explosiva. Esta descripción puede incluir, por ejemplo, el nombre de la empresa, tipo de instalación, denominación del edificio o del local, responsable/s de la empresa y número de trabajadores. Las particularidades constructivas y geográficas pueden documentarse mediante planos de situación y de las instalaciones, incluyéndose en ellos las salidas de emergencia y las vías de evacuación.

b) Descripción de los procesos y actividades

Los distintos procesos deben describirse brevemente, acompañando un diagrama de flujo. Esta descripción deberá incluir todos los datos importantes para la protección contra explosiones: descripción de los pasos de trabajo, resumen de los datos de diseño y funcionamiento (por ejemplo, T^a , presión, volumen, rendimiento, frecuencia, carburante), en su caso, y tipo y envergadura de los trabajos de limpieza y, si procede, datos sobre la ventilación del local.

c) Descripción de sustancias utilizadas y sus parámetros de seguridad

Se trata de describir qué sustancias provocan la formación de una atmósfera explosiva y en qué condiciones del proceso se produce ésta. En este punto deben incluirse los parámetros de inflamabilidad y explosividad característicos.

Van a ser susceptibles de producir polvos y fibras inflamables muchas sustancias utilizadas en las industrias de panadería y pastelería, como por ejemplo, almidón, azúcar, leche en polvo, cacao, especias, harinas, colorantes, etc.

Por consiguiente, en el caso de panaderías y pastelerías van a ser de aplicación los datos correspondientes a polvos y fibras:

Para polvos y fibras:

- Temperatura mínima de inflamación en capa (**TM_{Ic}**)
- Temperatura mínima de inflamación en nube (**TM_{In}**)
- Concentración mínima explosiva (**CME/LIE**)
- Presión máxima de explosión (**PME o P_{max}**)
- Energía mínima de inflamación (**EMI**)
- Concentración límite de oxígeno (**CLO**)
- Constante característica (**K_{st} o K_{max}**)
- Resistividad eléctrica en capa (**REC**)
- **Susceptibilidad térmica** (reacciones exotérmicas o autoignición)
- **Tamaño de partícula** (μm)

Seguidamente, se detallan cada uno de los parámetros antes mencionados, con el fin de caracterizar las sustancias pulverulentas:

1.- TAMAÑO DE PARTÍCULA Y HUMEDAD

En el caso de las sustancias pulverulentas, el comportamiento de éstas va a depender en gran medida de diversos parámetros, que van a condicionar la reactividad de la sustancia. Entre ellos se encuentran su ensuciamiento o contaminación superficial. Estos parámetros son complejos de determinar, pero hay dos variables que siempre deben medirse y enlazarse con los parámetros analizados posteriormente: la humedad y el tamaño de partícula. Será importante así mismo, la resistividad eléctrica en capa (REC), que va a condicionar el grado de protección IP de los equipos instalados en las zonas 22, de manera que si el producto es no conductor será necesario un IP5X, y si es conductor un IP6X (estanco).

2.- TEMPERATURA MÍNIMA DE INFLAMACIÓN

Estos dos parámetros se relacionan con la facilidad para inflamarse de las sustancias en forma de polvos o fibras, es decir, su sensibilidad a la ignición.

Temperatura mínima de inflamación (TMI): Es la menor T^a a la que comienza el proceso de inflamación de un polvo. Dicha sustancia puede estar en forma de nube (TMIn) o depositada en forma de capa (TMlc). Ambos parámetros se miden en $^{\circ}\text{C}$ y condicionan la T^a superficial de los equipos utilizados. Por regla general, se deben utilizar equipos con una T^a superficial cuyo valor sea el menor de $2/3 \text{ TMIn}$ ó $\text{TMlc} - 75^{\circ}\text{C}$.

3.- CONCENTRACIÓN MÍNIMA EXPLOSIVA (CME/LIE)

La CME indica el límite inferior del rango de concentraciones de polvo en suspensión en el cual la mezcla aire/ polvo es susceptible de ser explosiva. Se denomina también límite inferior de explosividad (LIE). Se mide en g/m^3 y su valor nos ayuda a determinar las zonas 20, 21 y 22.

4.- ENERGÍA MÍNIMA DE INFLAMACIÓN (EMI)

Es la mínima energía eléctrica almacenada, que al descargarse es suficiente para producir la inflamación de la mezcla más inflamable de una nube de polvo, resultado de variar la concentración de polvo en el aire. Se mide en mJ y nos ayuda a saber qué fuentes de ignición pueden iniciar la explosión.

Los anteriores parámetros, a nivel práctico, se utilizan para la implantación práctica de medidas de prevención de las explosiones, en la industria.

5.- CONCENTRACIÓN LÍMITE DE OXÍGENO (CLO)

Este parámetro, al igual que la $P_{m\acute{a}x}$ y la $K_{m\acute{a}x}$, nos permiten evaluar las consecuencias o severidad de una explosión. Se representa en % en volumen y nos permite determinar qué concentración de oxígeno debemos conseguir en caso de inertización. Por lo tanto, el CLO se utiliza en procesos que funcionan con una atmósfera total o parcialmente inertizada, y se define como el porcentaje de oxígeno por debajo del cual no hay ignición en el rango de concentraciones explosivas.

6.- PRESIÓN MÁXIMA DE EXPLOSIÓN (PME/ $P_{m\acute{a}x}$)

Es la diferencia entre la presión en el instante de la ignición y la presión en el punto más alto de la curva del registro presión/tiempo, durante una explosión. Se mide en bar y define la sobrepresión por encima de la atmósfera. Permite diseñar recipientes resistentes a la explosión, y se aconseja que la presión de diseño del recipiente sea de $P_{m\acute{a}x} + 2$ bar.

7.- CONSTANTE CARACTERÍSTICA ($K_{m\acute{a}x}$)

Este valor se obtiene de multiplicar la velocidad máxima de aumento de presión y la raíz cúbica del volumen del recinto donde se produzca la explosión. En función del valor de $K_{m\acute{a}x}$ se definirá la clase de explosión. Se mide en bar m/s y representa la velocidad a la que reacciona una sustancia, siendo un mayor riesgo un valor más alto de $K_{m\acute{a}x}$. En el diseño de sistemas de venteo, es éste un parámetro muy a tener en cuenta, puesto que a mayor $K_{m\acute{a}x}$ mayor área de venteo o menor presión de activación del venteo.

$$K_{m\acute{a}x} = (dP/dt)_{m\acute{a}x} \cdot V^{1/3}$$

Estos tres últimos parámetros son los utilizados, en la práctica, para la implantación de las medidas de protección contra explosiones.

Según detalla la norma UNE-EN 1127-1 sobre conceptos básicos para atmósferas explosivas, “Es preciso tener en cuenta que dichos datos de seguridad no son constantes físicas, sino que dependen, por ejemplo, de las técnicas utilizadas para la medición. Así, para los polvos, las tablas de datos de seguridad sólo se utilizan a título de orientación, porque los valores dependen de la repartición granulométrica y de la forma de las partículas, del contenido de humedad y de la presencia de aditivos, incluso en pequeñas concentraciones.

Para una aplicación específica, se deberían ensayar muestras del polvo presente en el aparato, y utilizar los datos obtenidos para la identificación del peligro”.

d) Evaluación del riesgo de explosión y resultados

En base a las características de las instalaciones y las sustancias utilizadas en los procesos objeto del análisis dentro de la industria de panadería y/o pastelería, y que habrán sido descritas en el apartado anterior, se describirá dónde puede aparecer una atmósfera explosiva, pudiéndose establecer, en caso necesario, una distinción entre el interior de instalaciones y el entorno. Debe considerarse no sólo el funcionamiento normal, sino también la puesta en marcha/parada y la limpieza, así como las posibles disfunciones.

En este apartado se incluirá la evaluación del riesgo de explosión, que incluye:

- La identificación de las situaciones de peligro, que comprende el análisis de todas las fuentes de ignición y su probabilidad de activación y las condiciones de proceso en las que se genera atmósfera potencialmente explosiva.
- La estimación del riesgo en función del impacto y consecuencias de la posible explosión.
- La valoración del riesgo, componiendo la probabilidad de explosión con la severidad o impacto.
- La reducción del riesgo, mediante las medidas de seguridad planteadas, tanto para la reducción de la probabilidad como para mitigar los efectos de la explosión.

Puede seguirse la metodología descrita en la norma UNE-EN 1127-1. En la Tabla 1 se muestra una forma de valorar el nivel de riesgo a partir de la frecuencia de aparición y la gravedad del daño, o dicho de otra manera, para determinar el nivel de riesgo se considerarán dos factores:

- La probabilidad de que se materialice un suceso.
- Las consecuencias que ello tendría.

La Probabilidad de que se materialice un suceso puede ser:

Frecuente: Ocurre continuamente.

Probable: Ocurre varias veces en la vida del sistema.

Ocasional: Ocurre alguna vez en la vida del sistema.

Remoto: Improbable, pero podría ocurrir en la vida del sistema.

Improbable: Es muy improbable, por lo que puede que no se produzca nunca.

Las Consecuencias de una explosión se pueden clasificar en:

Catastrófico: Muerte o pérdida de la instalación.

Mayor: Daños severos en personas (accidente o enfermedad) o instalaciones.

Menor: Daños menores en personas (accidente o enfermedad) o instalaciones.

Despreciable: Daños mínimos en personas o instalaciones.

GRAVEDAD DEL DAÑO / NIVEL DE RIESGO				
Frecuencia	Catastrófico	Mayor	Menor	Despreciable
Frecuente	A	A	A	C
Probable	A	A	B	C
Ocasional	A	B	B	D
Remoto	A	B	C	D
Improbable	B	C	C	D

A Riesgo intolerable, parar la actividad hasta reducir el riesgo

B Riesgo alto, deben tomarse medidas para reducir el riesgo

C Riesgo medio, puede reducirse con medidas organizativas

D Riesgo aceptable/tolerable, no se requieren acciones adicionales

Tabla 1. Valoración del nivel de riesgo.

En la Tabla anterior, se muestra un criterio para definir el Nivel de Riesgo de un suceso, en función de la probabilidad de que ocurra, y de las consecuencias que tendría.

Donde:

NIVEL DE RIESGO	SIGNIFICADO	CONSECUENCIA
A	INTOLERABLE	La instalación no está en condiciones para su uso seguro. Es absolutamente indispensable adoptar medidas de protección adicionales.
B	ALTO	La instalación se puede usar, pero se deben adoptar medidas de protección contra explosión.
C	MEDIO	La instalación se puede usar, pero sería aconsejable la adopción de medidas de protección adicionales.
D	ACEPTABLE	No es necesario adoptar medidas adicionales.

e) Descripción de las áreas de riesgo clasificadas por zonas

Las zonas de riesgo pueden presentarse mediante texto o de forma gráfica mediante un plano de zonas. En este apartado deben incluirse los detalles de las fuentes de escape y el alcance de las zonas, así como los detalles o justificaciones técnicas empleadas para valorar la probabilidad de aparición o la duración de la atmósfera explosiva. A este respecto, puede incluirse como criterio técnico un procedimiento operativo que limite las emisiones, reduzca las concentraciones o impida las acumulaciones de polvo. Esta clasificación por zonas es un “documento vivo”, que puede cambiar en función de las modificaciones producidas sobre las fuentes de escape, así como cambios que distorsionen el alcance esperable de las zonas.

Será de utilidad presentar conjuntamente las zonas y equipos incluidos en cada zona en forma de cuadro o tabla, según se muestra en la Tabla 2.

Fuentes de escape		Extensión zona	Zona	Equipos instalados	Certificación
Grado continuo			0		
			20		
Grado primario			1		
			21		
Grado secundario			2		
			22		

Tabla 2. Resumen de datos sobre las zonas clasificadas.

En la columna de fuentes de escape se describirán todas ellas (interior de equipos, juntas, puertas de inspección, etc.) agrupadas según su grado. En la columna de extensión de zona, se debe especificar la distancia en cualquier dirección desde el punto en que se produce la fuente de escape hasta el lugar donde el peligro asociado a tal zona se considere que no existe.

En la columna de equipos instalados se detallarán todos los equipos, mecánicos o eléctricos, que estén instalados en la extensión de la zona, con la premisa que el primer principio de seguridad en el diseño de instalaciones es que si no es absolutamente imprescindible, no se debe introducir ningún aparato en un emplazamiento peligroso.

Por último, en la columna de certificación se detallará el tipo de documento que avala la seguridad del equipo instalado, conforme a lo indicado en el R.D. 400/1996, sobre equipos instalados en atmósferas explosivas: Declaración de conformidad del fabricante, certificado CE de tipo, evaluación del riesgo de la máquina (por ejemplo, según UNE-En 13463), etc.

12. Procedimiento para la clasificación de zonas para polvos

El procedimiento general consta de los siguientes pasos:

a) Identificación de los emplazamientos

Se identifican los emplazamientos y sus distintas características.

b) Identificación de las características del polvo combustible

Se identifican todas las características del polvo combustible más significativas: tamaño de partículas, humedad, concentración límite de oxígeno, parámetros de inflamabilidad (temperatura mínima de inflamación en capa y en nube, concentración mínima explosiva, energía mínima de inflamación) y explosividad (presión máxima de explosión, K_{max}).

c) Identificación de las fuentes de escape

Se identifican las fuentes de escape y se verifica si existe la posibilidad de eliminarlas o limitar lo más posible la cuantía del escape, mediante procesos cerrados, aspiración local, etc.

d) Grado de escape

Para cada fuente de escape se establece la frecuencia y duración (grado de escape) de emisión de sustancias pulverulentas y se comprueba la posibilidad de eliminar o limitar lo más posible los escapes de grado continuo y de grado primario, o al menos se comprueba si se pueden reducir los caudales.

Fuentes continuas de una nube de polvo: Estas zonas darán lugar a zonas 20, como por ejemplo el interior de silos, mezcladoras, en los que se almacena o se introduce polvo.

Grado de emisión primaria: Durante el trabajo normal se darán emisiones periódicas u ocasionales. Son zonas 21, como por ejemplo en el interior de equipos de extracción o en las proximidades de un punto de llenado de sacos abiertos.

Grado de emisión secundaria: Cuando no se prevé que una fuente tenga emisiones durante el trabajo normal, y de tenerlas, de forma muy poco frecuente y durante cortos períodos. Son zonas 22, como por ejemplo, las bocas de inspección de equipos, que se abren muy poco y durante un corto período, y locales de trabajo de productos pulverulentos donde hay depósitos de polvo.

e) Influencia de las capas de polvo

Se analiza la influencia de las capas de polvo que se formen o puedan formarse, teniendo en cuenta las características de las operaciones y procedimientos de limpieza y mantenimiento.

f) Determinación del tipo de zona peligrosa

Para cada fuente de escape se determina el tipo de zona peligrosa.

g) Estimación de la extensión de la zona

Para cada fuente de escape se estima la extensión de la zona. En industrias de panadería y pastelería es más sencillo que en los locales con gases o vapores inflamables, al no aplicarse la teoría de difusión de gases.

Son zonas 20, normalmente, las zonas interiores de equipos o recipientes contenedores de polvo o granos.

Por regla general, una fuente de escape de grado primario origina zonas 21 y se extiende 1 metro alrededor del perímetro de la fuente, y se extiende verticalmente hasta el suelo o el nivel de una zona sólida. Si una fuente de grado primario dispone de extracción localizada podría pasar a zona 22.

Las fuentes de grado secundario generan normalmente zonas 22 y se extienden horizontalmente 1 metro alrededor de la fuente de escape y verticalmente hasta el suelo o el nivel de una plataforma sólida.

Una zona 21 no confinada situada en el interior siempre está rodeada de una zona 22, debido a la formación de capas de polvo.

h) Clasificación del lugar peligroso

La clasificación del lugar peligroso se obtiene del conjunto de las zonas peligrosas individuales determinadas como se indica en los puntos precedentes.

12.1. Definición de las zonas.

Todas las clasificaciones de zonas para emplazamientos de Clase II (polvos combustibles) basadas en DOS TIPOS DE ZONAS deben considerarse no válidas. La explicación histórica de tales clasificaciones en España reside en que el antiguo Reglamento Electrotécnico (hoy en día modificado) se refería a sólo dos clases de zonas, una para situaciones de polvo en suspensión y otra para capas de polvo, denominadas respectivamente Zona Z y Zona Y.

Esa clasificación también aparecía en normas antiguas internacionales. Por su parte, las normas norteamericanas también basaban la clasificación en un esquema de dos niveles de probabilidad de formación de atmósfera explosiva, que denominaban División 1 (sustancia presente en condiciones normales) y División 2 (sólo bajo condición de fallo o avería).

Igualmente, las normas alemanas contemplaban dos tipos de zonas para instalaciones con polvos combustibles: zona 10 y zona 11. Todas estas clasificaciones se considerarán incorrectas y se citan aquí pues aún pueden encontrarse en la bibliografía y en algunas instalaciones ya clasificadas.

La clasificación para zonas por polvos según el enfoque de las nuevas directivas sobre atmósferas explosivas se basa en **TRES TIPOS DE ZONAS, zona 20, zona 21 y zona 22**, cuyas definiciones se mencionarán posteriormente, siendo la UNE 202004-3 *Clasificación de los lugares donde hay o puede haber polvos combustibles* la Norma que se utiliza en estos casos.

La regla general será, considerar las capas de polvo como fuentes de escape. Y si existieran cantidades de polvo permanentemente en cantidad suficiente para generar atmósfera explosiva, podrían llegar a considerarse como fuentes de escape de grado continuo. En el apartado 3 se analiza la influencia de las capas de polvo.

Debe tenerse presente que, normalmente, la capa de polvo contiene suficiente cantidad para formar atmósfera explosiva. Por ejemplo, para un producto pulverulento o granulado con una densidad en masa típica $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, una capa de sólo 1 mm de espesor daría lugar a una concentración de 100 g/m^3 al dispersarse homogéneamente en un recinto (zona de producción, obrador de panadería, etc.) de altura 5 m. Si en lugar de dispersarse en todo el recinto sólo lo hiciera hasta una altura de 1 m sobre el suelo, entonces la concentración sería de 500 g/m^3 .

Si se trata de un conducto de diámetro 0,25 m, una capa de sólo 0,1 mm proporcionaría una concentración superior a 1000 g/m^3 en su interior. La ventaja de que el polvo esté depositado en el interior de un conducto es que la atmósfera explosiva se crea sólo dentro del conducto, con lo que se tiene controlada la zona peligrosa.

Por el contrario, cuando el polvo sale fuera del conducto o de cualquier equipo y se deposita en el exterior, la atmósfera explosiva se extiende hacia zonas que teóricamente deberían ser seguras.

$$C = \rho (h/H)$$

C = concentración de polvo (g/m^3)

ρ = densidad en masa del polvo (kg/m^3)

h = altura de la capa de polvo (mm)

D = diámetro de la conducción (m)

H = altura de un recinto cúbico (m)

$$C = \rho (4h)/D$$

Finamente, debe tenerse presente que pueden formarse capas peligrosas a partir de nubes de polvo muy diluidas, ya que, si no se controla, el proceso de sedimentación del polvo puede prolongarse largos períodos, resultando en una cantidad no despreciable de producto.

12.2. Clasificación formal.

12.2.1. Principios de la clasificación de las áreas de riesgo en zonas

Se consideran áreas de riesgo aquéllas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad de los trabajadores afectados. Todas las sustancias inflamables o combustibles se consideran capaces de formar atmósferas explosivas a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre lo contrario.

La clasificación zonal se basa en las características del material (tamaño de partícula, humedad del polvo, parámetros de explosividad), en la presencia de acumulaciones de polvo o fuentes de escape y en la probabilidad de que se puedan formar mezclas explosivas polvo/aire.

Para determinar las posibilidades de escape en los lugares por donde el polvo sale despedido, es liberado o puesto en suspensión, deben tenerse en cuenta parámetros del proceso, tales como:

- Presiones superiores a la atmosférica
- Velocidad de transporte
- Velocidad de extracción de polvo
- Altura de caída
- Tamaños de partículas
- Contenido de humedad

Las nubes y capas de polvo se consideran de forma separada, ya que una nube de polvo es una atmósfera potencialmente explosiva en sí misma, mientras que una capa de polvo representa un riesgo latente. Por eso se considera que una capa de polvo actúa como una fuente de escape y, en consecuencia, se trata como tal a la hora de establecer la clasificación de zonas.

En el interior de los equipos donde se almacenan, manipulan o procesan productos pulverulentos, como puede ser el caso de un silo de almacenamiento de harina, a menudo no pueden evitarse las capas de polvo de espesor incontrolado, ya que forman parte del propio proceso.

Por el contrario, las capas de polvo que se forman en el exterior de los equipos deben ser controladas (por ejemplo, mediante una limpieza diaria) hasta alcanzar un nivel aceptable. Conseguir el nivel adecuado puede tener consecuencias en la selección de los equipos eléctricos o no eléctricos. La idoneidad del mencionado nivel depende entre otros factores, de las características del polvo y de la temperatura superficial del equipo o maquinaria.

En la mayoría de los casos, una capa de polvo de tan solo 1 mm de espesor contiene suficiente cantidad de éste para crear una mezcla polvo/aire explosiva. En este caso, el área deberá ser clasificada.

Hay que resaltar que, con el tiempo, es posible la formación de capas de polvo peligrosas a partir de una nube de polvo cuya concentración esté muy por debajo de la concentración mínima explosiva.

12.2.2. Extensión de las zonas

La distancia, en cualquier dirección, entre el borde de una fuente de emisión y el punto donde el riesgo asociado se considera inexistente depende de:

- Cantidad de polvo
- Caudal
- Tamaño de polvo
- Contenido de humedad

Es difícil definir un criterio único y, por desgracia, no se conocen fórmulas o expresiones experimentales que permitan definir la extensión de las zonas debidas a polvo con la precisión existente para las zonas de gases.

En general, se tomará normalmente una distancia de 1 m alrededor de la fuente de escape y hasta el suelo o superficie sólida. Como el polvo se deposita y forma capas, a veces a distancias considerables, también de forma general se debe definir la extensión de la zona clasificada hasta los límites que se extienda la capa de polvo.

Un emplazamiento clasificado como zona 20 se debe considerar que es inaceptable como zona de trabajo, es decir, nunca deberían entrar personas en zonas clasificadas como zona 20.

Si hay una fuente de escape de grado secundario en el exterior de un equipo o local, se definirá una zona 22 en el exterior, normalmente 1 m alrededor escape.

Seguidamente, presentamos algunos ejemplos de extensión de zonas típicos de industrias de panadería y/o pastelería donde se manipulan y almacenan polvos combustibles.

Zona 20

La extensión de la zona 20 será:

- El interior de los conductos y equipos que producen y manipulan polvo, en los que están presentes de forma continua o frecuente mezclas polvo/aire explosivas.
- El interior de equipos que contienen polvo donde pueden formarse capas de polvo de espesor excesivo e incontrolable.

Si en el exterior del equipo que contiene polvo hay continuamente presente una mezcla polvo/aire explosiva, se requiere una clasificación de zona 20. Sin embargo, esta situación es inaceptable en áreas de trabajo.

Estas zonas 20 van a ser lugares con atmósferas explosivas pulverulentas presentes de manera permanente o durante largos períodos. El peligro es permanente.

Zona 21

En la mayoría de las circunstancias, la extensión de la zona 21 puede definirse por evaluación de las fuentes de escape que causan mezclas polvo/aire explosivas o capas de polvo peligrosas o ambas a la vez, en relación con el ambiente.

La extensión de la zona 21 será:

- El interior de algunos equipos de manipulación de polvo en los cuales es probable que exista una mezcla polvo/aire explosiva.
- La extensión del área exterior al equipo, formada por una fuente de escape, también depende de diversos parámetros del polvo como velocidad de flujo, tamaño de partícula, cantidades de polvo y contenido de humedad en el producto. Esta zona suele ser de pequeña extensión:

Una fuente de escape característica normalmente origina una mezcla polvo/aire explosiva cuya extensión no suele ser superior a 1 m del perímetro de la fuente (caso de una puerta de inspección abierta), y se extiende en vertical y hacia abajo hasta alcanzar el suelo o el nivel del piso inferior

Cuando la extensión del polvo esté limitada por estructuras mecánicas (paredes, etc.) pueden tomarse como límites de la zona las superficies de éstas

Consideraciones prácticas pueden hacer deseable clasificar toda el área en estudio como zona 21.

Si se acumulan capas de polvo en el exterior de una Zona 21, puede requerirse una posterior clasificación para tener en cuenta la extensión de la capa así como las posibles dispersiones de la capa que pueden producir una nube.

Son zonas 21 aquellos lugares donde se puede formar una atmósfera explosiva pulverulenta durante el servicio normal. El peligro es potencial.

Zona 22

En la mayoría de las circunstancias, la extensión de la zona 22 puede definirse por evaluación de las fuentes que causan mezclas polvo/aire explosivas, en relación con el ambiente.

La extensión de un área formada por una fuente de escape también depende de diversos parámetros del polvo como cantidad de polvo, velocidad de transporte, tamaño de partícula y contenido de humedad en el producto:

- Normalmente la zona será de una anchura horizontal de 1 m alrededor de la fuente de escape y se extenderá verticalmente hacia abajo hasta alcanzar el suelo o el nivel del piso inferior.
- Cuando la extensión del polvo esté limitada por estructuras mecánicas (paredes, etc.) pueden tomarse como límites de la zona las superficies de éstas.
- Consideraciones prácticas pueden hacer deseable clasificar toda el área en estudio como zona 22.

En el caso de áreas exteriores a los edificios (al aire libre), los límites de la zona 22 pueden verse reducidos como consecuencia de las condiciones climáticas como viento, lluvia, etc. Normalmente será suficiente un área de 1 m de anchura alrededor de la fuente de escape. Una zona 21 no confinada (no limitada por estructuras mecánicas), situada en su interior, estará siempre rodeada por una zona 22. Esto es consecuencia de la formación de capas de polvo.

Si se acumulan capas de polvo en el exterior de una Zona 22, puede requerir una posterior clasificación para tener en cuenta la extensión de la capa, así como las posibles dispersiones de la capa que puedan producir una nube.

La zona 22 es un lugar en el que durante el funcionamiento normal no se forma atmósfera explosiva pulverulenta, y si se forma, es de corta duración. El peligro es mínimo.

Es importante tener esto presente, especialmente si se establece la clasificación de zonas sobre planos o en la fase de proyecto, ya que la experiencia indica que, con el tiempo, la extensión de las zonas puede ser superior a la prevista inicialmente como consecuencia de la capacidad del polvo de llegar hasta distancias mayores y formar allí capas de polvo. En estos casos, debe revisarse la clasificación de zonas cuando se realice la puesta en marcha de la instalación o, mejor aún, un cierto tiempo después.

Zonas con riesgo de incendio y explosión por polvos combustibles	
Zona 20:	Lugar en el que, durante el funcionamiento normal, el polvo combustible, en forma de nube, está presente permanente o frecuentemente en cantidad suficiente como para ser capaz de producir una concentración explosiva de polvo combustible mezclado con el aire, y/o en las que se pueden formar capas de polvo de espesor excesivo e incontrolable.
Zona 21:	Lugar no clasificado como zona 20 en el que, durante el funcionamiento normal, el polvo combustible en forma de nube es susceptible de aparecer en cantidad suficiente como para ser capaz de producir una concentración explosiva de polvo combustible en mezcla con el aire.
Zona 22:	Lugares no clasificados como zona 21 en los que raramente pueden aparecer nubes de polvo y subsistir solamente durante cortos períodos, o en los que las acumulaciones o las capas de polvo combustible pueden estar presentes en condiciones anormales y pueden dar lugar a un aumento de las mezclas inflamables de polvo en el aire.

En función de esta clasificación, se adoptarán las medidas de seguridad necesarias para el material eléctrico y no eléctrico, así como los Equipos de Protección Individual de los trabajadores, con el fin de garantizar una baja probabilidad de una explosión o incendio, según se indica en la siguiente Tabla:

Zonas	Presencia de atmósfera explosiva	Categoría de equipo según RD 400/1996
ZONA 20	DE MODO CONTINUO O PERÍODOS PROLONGADOS DE MODO FRECUENTE	CATEGORÍA 1
ZONA 21	DE MODO POCO FRECUENTE	CATEGORÍA 2
ZONA 22	MUY POCO FRECUENTE O POR PERÍODOS BREVES	CATEGORÍA 3

Tabla 3.

Ejemplos de designación de zonas

Las capas, acumulaciones y montones de polvo se deben considerar como cualquier otra fuente de escape que puede formar una atmósfera explosiva.

Zona 20

Ejemplos de emplazamientos que pueden dar lugar a zona 20 dentro de almacenamientos de polvo:

- Tolvas, silos, etc.;
- Ciclones y filtros;
- Sistemas de transporte de polvo, excepto algunas partes de transportadores de bandas y de cadenas, etc.;
- Mezcladores, molinos, secadores, equipos de ensacado, etc.;

Zona 21

Ejemplos de emplazamientos que pueden dar lugar a zona 21:

- Áreas exteriores a contenedores de polvo y en las proximidades a puertas de acceso sometidas a aperturas frecuentes o retiradas por motivos operativos, cuando en el interior hay presentes mezclas polvo/aire explosivas;
- Áreas en el exterior de equipos que contienen polvo y en las proximidades de puntos de carga y descarga, alimentadores de cinta, puntos de muestreo, estaciones de descarga de camiones, puntos de transferencia de cintas, etc., donde no se hayan adoptado medidas para evitar la formación de mezclas polvo/aire explosivas;
- Áreas exteriores a los equipos que contienen polvo, donde se acumula el polvo y en las cuales, debido a las operaciones de proceso, la capa de polvo tiene probabilidad de verse perturbada y originar mezclas polvo/aire explosivas;

- Áreas alrededor de las salidas de ciclones y filtros de mangas (el área de salida de estos equipos siempre contiene pequeñas cantidades de polvo extremadamente fino, actuando como una fuente continua con baja concentración), cuando el polvo llega a acumularse cerca de las salidas debido a largos períodos de tiempo, de forma que puede dar lugar a mezclas polvo/aire explosivas si las capas de polvo se ven perturbadas.

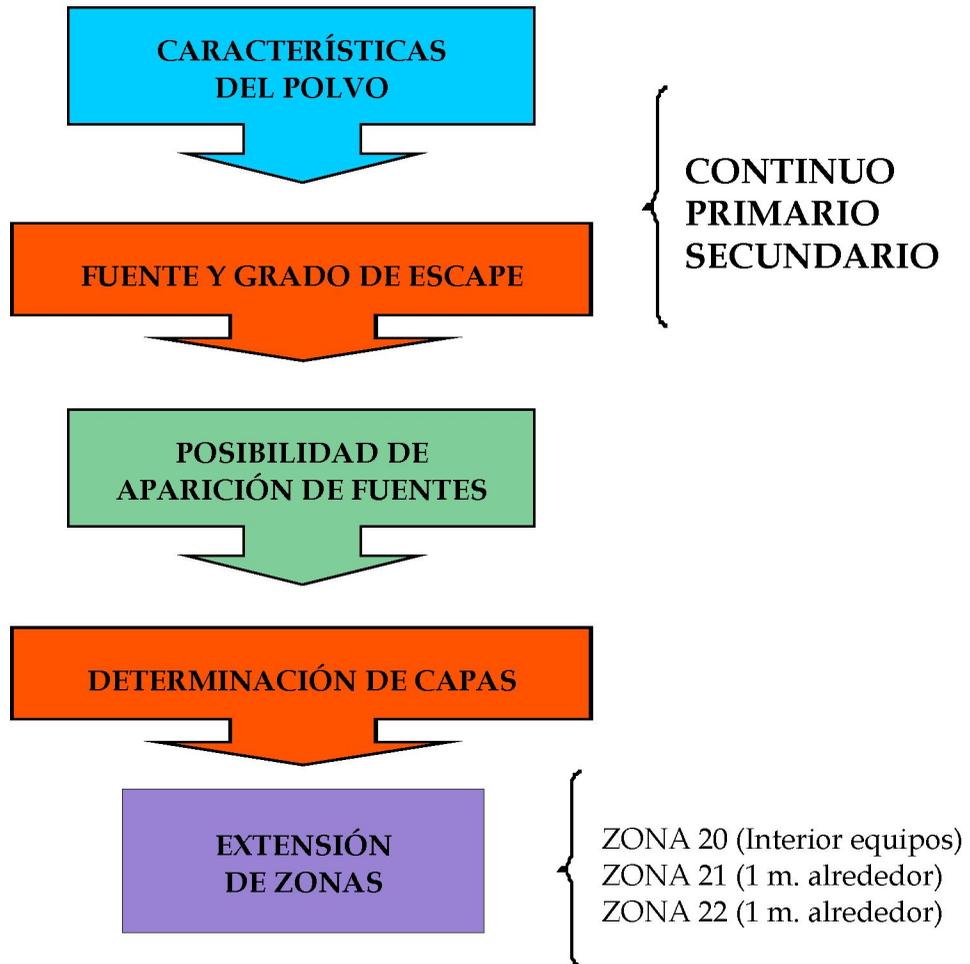
Zona 22

Ejemplos de emplazamientos que pueden dar lugar a zona 22:

- Salidas de los respiraderos de filtros de mangas, ya que en caso de un mal funcionamiento pueden emitir mezclas polvo/aire explosivas.
- Emplazamientos próximos a equipos que han de abrirse con poca frecuencia, o equipos que por experiencia se sabe que pueden dar lugar a pérdidas y que a consecuencia de una presión superior a la atmosférica el polvo saldrá despedido; equipos neumáticos (presión positiva), conexiones flexibles que pueden resultar dañadas, etc.;
- Equipos de seguridad asociados con el venteo de explosiones como discos de ruptura o puertas antiexplosión que pueden dar lugar a una liberación de polvo cuando se abren;
- Almacenamientos de sacos que contienen productos pulverulentos. Durante la manipulación de los sacos puede producirse la rotura de estos, dando lugar a escapes de polvo;
- Áreas normalmente clasificadas como zona 21 podrían llegar a clasificarse como zona 22 cuando se empleen medidas para prevenir la formación de mezclas polvo/aire explosivas. Estas medidas incluyen la captación de polvo en los escapes. Dichas medidas deberán emplearse en las proximidades de los puntos de llenado y vaciado de sacos, alimentadores de bandas, puntos de muestreo, estaciones de descarga de camiones, puntos de transferencia de cintas, etc.;
- Áreas donde se han formado capas de polvo controladas siendo improbable que lleguen a originar mezclas polvo/aire explosivas. En la mayoría de los casos una capa de polvo contiene suficiente cantidad de éste para originar una mezcla polvo/aire explosiva. El área sólo podrá ser clasificada como segura si las capas de polvo son retiradas mediante limpieza antes de que se puedan formar mezclas polvo/aire peligrosas.

Si las capas de polvo de espesor incontrolado se encuentran únicamente en el interior de los contenedores de polvo, es señal de que se han tomado las medidas adecuadas contra las acumulaciones de polvo en el exterior de los equipos.

Sin embargo, en el exterior de los sistemas de confinamiento de polvo, todos los tipos de escapes que originen una capa de polvo incontrolada (inadecuado mantenimiento de la limpieza) que resulte inaceptable, darán lugar a una zona 20.



13. Medidas de prevención y protección contra explosiones

Una vez efectuada y a partir de la evaluación de riesgos, en este apartado se presentan las medidas que se van a imponer para la prevención y protección contra explosiones. Debe mencionarse explícitamente el principio de protección perseguido, por ejemplo “prevención de fuentes de ignición efectivas”, etc. Será de interés una división en **medidas técnicas y organizativas**.

Las medidas de protección van a ser todas aquellas medidas que:

- ✓ Impiden la formación de atmósferas explosivas,
- ✓ Evitan la ignición de atmósferas explosivas peligrosas o
- ✓ Atenúan los efectos de explosiones hasta asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

El objetivo será eliminar el riesgo, y si esto no es posible, reducir el nivel del mismo.

Medidas Técnicas

1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN: Dado que el enfoque de la protección de la instalación se basa, total o parcialmente, en medidas preventivas para evitar una atmósfera explosiva o la presencia de fuentes de ignición, es necesaria una descripción detallada de la aplicación de estas medidas. Estas medidas se adoptarán para evitar que se inicien explosiones.

- a) Sustitución de las sustancias inflamables.
- b) Limitación de la existencia de combustible. Mediante la limpieza periódica de depósitos de polvo, conducciones, filtros, etc., correcto diseño de conducciones evitando los codos, y programando la revisión y mantenimiento. Instalando aspiración localizada en aquellos puntos donde se generen nubes de polvo. Limitando la caída libre de polvo que pueda formar nubes de polvo.
- c) Transformar el polvo en incombustible. Manejo de polvo por vía húmeda e inertización del mismo mezclándolo con un producto incombustible en al menos el 50 %.
- d) Prevención o reducción de la formación de atmósferas explosivas en las inmediaciones de las instalaciones. Disminuyendo la concentración de oxígeno, utilizando para ello atmósferas inertes.
- e) Medidas para eliminar los depósitos, acúmulos o capas de polvo.
- f) Prevención de fuentes de ignición. Eliminando las llamas en zonas con polvo, creando áreas para fumadores, estableciendo permisos en trabajos de mantenimiento de riesgo, instalando dispositivos de corte sensibles a sobrintensidades en motores, instalando separadores neumáticos y magnéticos que eliminen objetos extraños (trozos de metal, piedras, etc.), programando mantenimientos periódicos de equipos, instalando equipos eléctricos acordes

Con lo marcado en el REBT, tomas de tierra en masas metálicas, ...

- g) Autoignición. Enfriamiento del polvo antes de su almacenamiento, control de temperatura en silos mediante sensores térmicos, control de humedad, ...

2. MEDIDAS DE CONSTRUCCIÓN: Se incluirán en este apartado las medidas concebidas para limitar los efectos peligros de explosiones originadas en el interior de las instalaciones hasta un nivel aceptable, como son:

- a) Construcciones resistentes a la explosión. Confinamiento de zonas que soporten la presión generada por una explosión.
- b) Venteos o descargas de la explosión.
- c) Supresión de la explosión. Con supresores que, tras detectar la sobrepresión generada por la explosión, inunden la zona con un agente extintor.
- d) Prevención de la propagación de las llamas y de la explosión (aislamiento e interrupción de la explosión, “desconexión”).
- e) Dispositivos apagallamas para vapores y nieblas.
- f) Dispositivos de desconexión para polvos: Barreras extintoras.
- g) Dispositivos de desconexión para polvos: Correderas de cierre instantáneo, compuertas de cierre rápido.
- h) Dispositivos de desconexión para polvos: Válvulas de cierre rápido (válvulas de seguridad contra explosiones), válvulas rotativas, dispositivos desviadores de la explosión, obturación (producto utilizado como barrera).
- i) Dispositivos de desconexión para polvos: Corredera doble.
- j) Paramentos débiles.

3. MEDIDAS DE CONTROL DE PROCESOS: Los sistemas de control de procesos van a ser aquellos equipos destinados a accionar en caso de producirse un suceso en un determinado mecanismo. Si los sistemas de control de procesos forman parte del enfoque de protección contra explosiones, debe describirse la naturaleza, el modo de funcionamiento y la ubicación de esta medida. Vamos a disponer de aplicación de sistemas de control para:

- a) Prevenir la aparición de atmósferas explosivas.
- b) Evitar fuentes de ignición.
- c) Atenuar los efectos nocivos de una explosión.

1. MEDIDAS SOBRE PROTECCIÓN ADECUADA DE EQUIPOS Y SISTEMAS: En aquellos casos en que no se pueden eliminar las fuentes de escape o las fuentes de ignición según todos los apartados anteriores, la seguridad se deberá basar en la baja probabilidad de que coincida la fuente de ignición con la atmósfera explosiva.

En este caso, tanto el material eléctrico como el no eléctrico deben cumplir unas prescripciones de seguridad adecuadas al lugar donde se ubiquen.

En aquellas industrias donde exista una alta probabilidad de que aparezca una atmósfera explosiva la confianza debe estar en el uso de aparatos que tengan una baja probabilidad de originar una fuente de ignición. Las instalaciones eléctricas en este tipo de emplazamientos están reguladas por la ITC 29 del REBT - RD 842/2002. En zonas clasificadas como no peligrosas se instalarán según la ITC 21 del REBT.

Medidas Organizativas

Las medidas de protección organizativas también se describen en el documento de protección contra explosiones, ya que en la práctica, la seguridad del entorno de trabajo también puede alcanzarse mediante la combinación de medidas técnicas y organizativas para la protección contra explosiones. El documento debe reflejar las instrucciones, autorizaciones o restricciones relacionadas con la seguridad frente a las atmósferas explosivas:

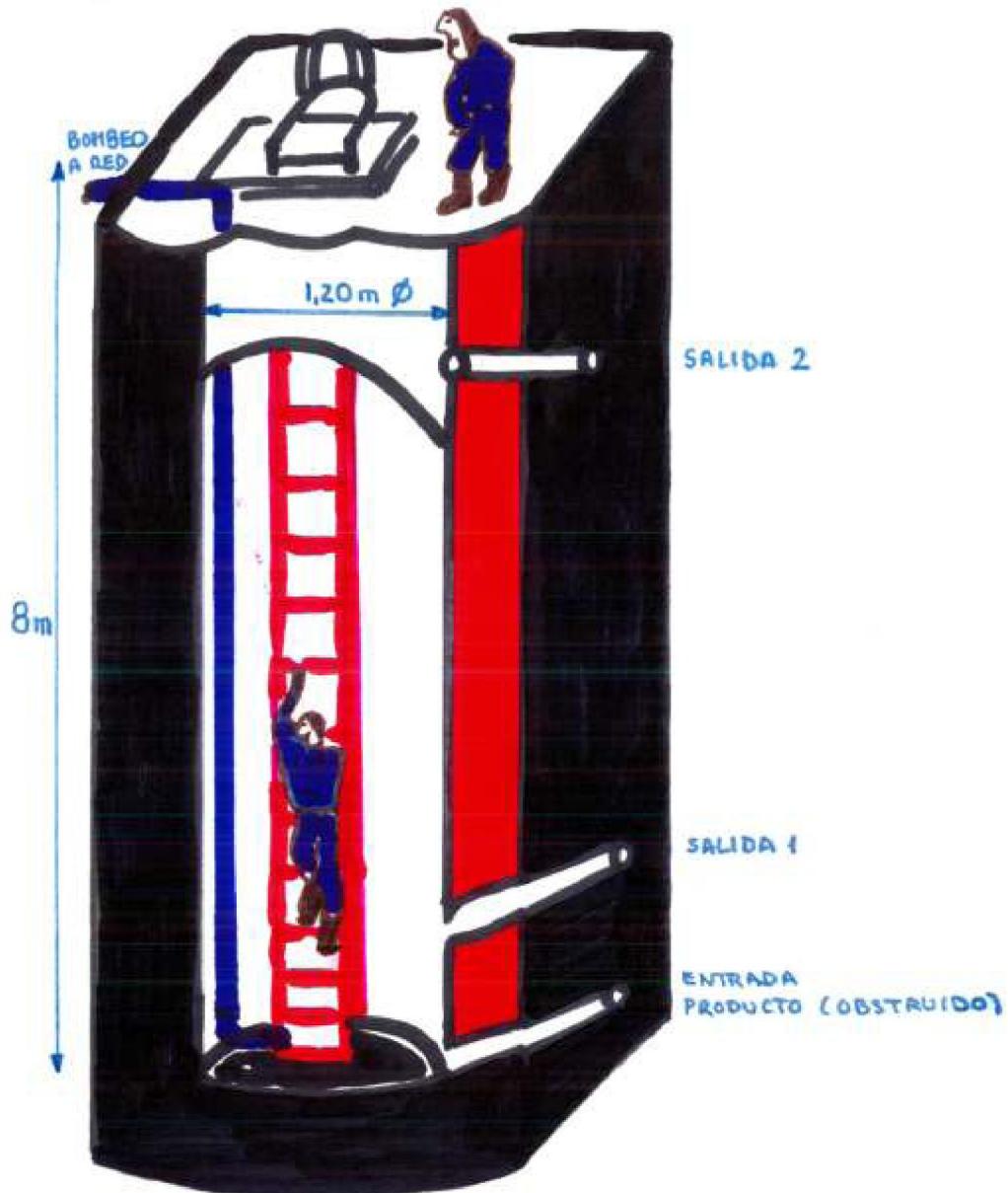
- Instrucciones de servicio existen para un puesto de trabajo o una actividad.
- Cualificación de los trabajadores.
- Contenido y frecuencia de la formación (y quién ha participado).
- Utilización de equipos de trabajo móviles en las áreas de riesgo.
- Cómo se asegura que los trabajadores sólo vistan ropa protectora adecuada.
- Sistemas de permisos para trabajar y cómo están organizados.
- Organización de los trabajos de mantenimiento, control y comprobación.
- Señalización de las áreas de riesgo.

Si existen formularios correspondientes a estos puntos, se pueden incluir como modelo en el documento de protección contra explosiones. También debe adjuntarse al documento una lista de los equipos de trabajo móviles autorizados para funcionar en atmósferas explosivas. El nivel de detalle dependerá del tipo y de la envergadura de la operación, así como del grado de riesgo que ésta entraña.

Casos prácticos

Caso nº 1: Asfixia debida al propio recinto

Información gráfica:



DESCRIPCIÓN:

RECINTO: SILO VERTICAL DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS ALIMENTARIOS

- ? **Profundidad: 8,00 metros.**
- ? **Sección: Circular de 1,20 m. de diámetro.**
- ? **Volumen: 9 m³.**
- ? **Comunicación con el exterior: Boca de entrada de 72 x 53 cm.**
- ? **Conexiones:**
 - o **Entrada de producto (obstruido).**
 - o **Conducto de salida n° 1**
 - o **Conducto de salida n° 2**
 - o **Bomba de evacuación a red por elevación.**
- ? **Peculiaridades:**
 - o **Capa de líquido putrefacto en el fondo de 10 cm. de espesor.**

TRABAJO A REALIZAR:

- ? Descender al fondo del silo vertical para embocar una manguera de agua a presión y así, desatascar el conducto obstruido de llegada de productos líquidos.
- ? Previamente la bomba estuvo en marcha durante unos minutos, con la tapa de la boca retirada.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

- ? Nazario, el operario de mantenimiento comenzó a descender por la escala y cuando se encontraba a unos 2 metros del fondo, cayó desvanecido quedando su cara sumergida en el líquido putrefacto.
- ? Inmediatamente, Crescencio (un amigo y compañero) bajó a auxiliarle, comenzó a limpiarle la cara y en ese momento cayó igualmente inconsciente.
- ? El tercer miembro del equipo, Jairo (Oficial de mantenimiento) pidió ayuda por radio y 20 minutos después, los bomberos provistos de equipos respiratorios aislantes, lograron el rescate de los dos operarios.
- ? Posteriormente el primer accidentado presentó una evolución clínica desfavorable y 11 días después, falleció.

DAÑOS PERSONALES:

- ? Fallecidos: 1
- ? Graves: 1 (Auxiliador)
- ? Leves: 0

ANÁLISIS:

CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA PELIGROSA CAUSANTE DEL ACCIDENTE		
Peligrosidad	ASFIXIANTE (Secundaria: Tóxica por CO ₂ ¿y SH ₂ ?)	<ul style="list-style-type: none"> - 22 días después del accidente, a 7,5 m. de profundidad se encontraron las siguientes concentraciones: Oxígeno = 14 %, anhídrido carbónico = 3,5 %, metano = 0,2 %. - La pérdida de conocimiento fue inmediata, en menos de un minuto de exposición para ambos accidentados.
Origen	PROCESOS NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - La biodegradación de la materia orgánica de los líquidos putrefactos del fondo, consumió el oxígeno del recinto y lo reemplazó por anhídrido carbónico y metano. Muy probablemente también generó sulfuro de hidrógeno.
Generación	PREVIA A LA ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> - Es muy posible que el funcionamiento previo de la bomba, al remover los líquidos putrefactos, contribuyera a agravar la situación.

TÉCNICAS DE CONTROL APLICADAS							
Respecto al accidente	MEDICIÓN Atmósfera interior	VENTILACIÓN		PROTECCIÓN RESPIRATORIA		VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
		Natural	Forzada	Filtrante	Aislante	SIN equipo de rescate	CON equipo de rescate
ANTES	NO	SI	NO	NO	NO	SI	Radio
DESPUÉS	NO	SI	NO	NO	SI	SI	Izado y radio

CAUSAS PRINCIPALES DEL ACCIDENTE:

- Insuficiente Evaluación de Riesgos previa a la intervención.
- Inadecuado Procedimiento de Trabajo para controlar los riesgos existentes.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PROPUESTO: SILO VERTICAL DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS ALIMENTARIOS

1. INFORMACIÓN PREVIA

- Descripción del accidente (ver anteriormente).
- Cinco días antes del accidente se bajó a limpiar la bomba, sin ninguna incidencia.
- Recinto ubicado en el recinto interior de una industria alimentaria.
- La escala era del tipo enrollable de cuerda con peldaños de madera.

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

2.1. Identificación de los riesgos generales

- Caídas a distinto nivel por la boca de entrada y al bajar y subir por la escala
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Electrocutión y atrapamientos por anomalías en la bomba de elevación.
- Infecciones por contacto con líquidos putrefactos.

2.2. Identificación de los riesgos por atmósferas peligrosas

- La degradación biológica de la materia orgánica origina peligros de asfixia por consumo del oxígeno, explosión por generación de metano, e intoxicación por generación de sulfuro de hidrógeno, anhídrido carbónico, monóxido de carbono y otros.
- La atmósfera peligrosa puede existir antes de la intervención, formarse rápidamente al remover los líquidos putrefactos del fondo al pisarlos o ponerse en marcha la bomba, o súbitamente al liberar la obstrucción.

3. PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1. Medidas de organización

- Instrucciones escritas con las prevenciones básicas para la intervención en espacios confinados.
- Desconexión de la alimentación eléctrica de la bomba de elevación.
- Identificación de la peligrosidad del recinto con el distintivo correspondiente.

3.2. Control de los riesgos generales

- Durante la intervención, colocar barandilla de protección en la periferia de la boca de entrada.
- Instalar escala fija en la pared del silo vertical. Eliminar el uso de las escalas de cuerda.
- Utilizar un sistema anticaídas de protección individual.
- Usar calzado de seguridad contra los líquidos, el deslizamiento y la perforación de la suela.
- Usar guantes y vestimenta contra los líquidos.
- Disponer de medios para el aseo personal y desinfección.

3.3. Control de los riesgos por atmósferas peligrosas

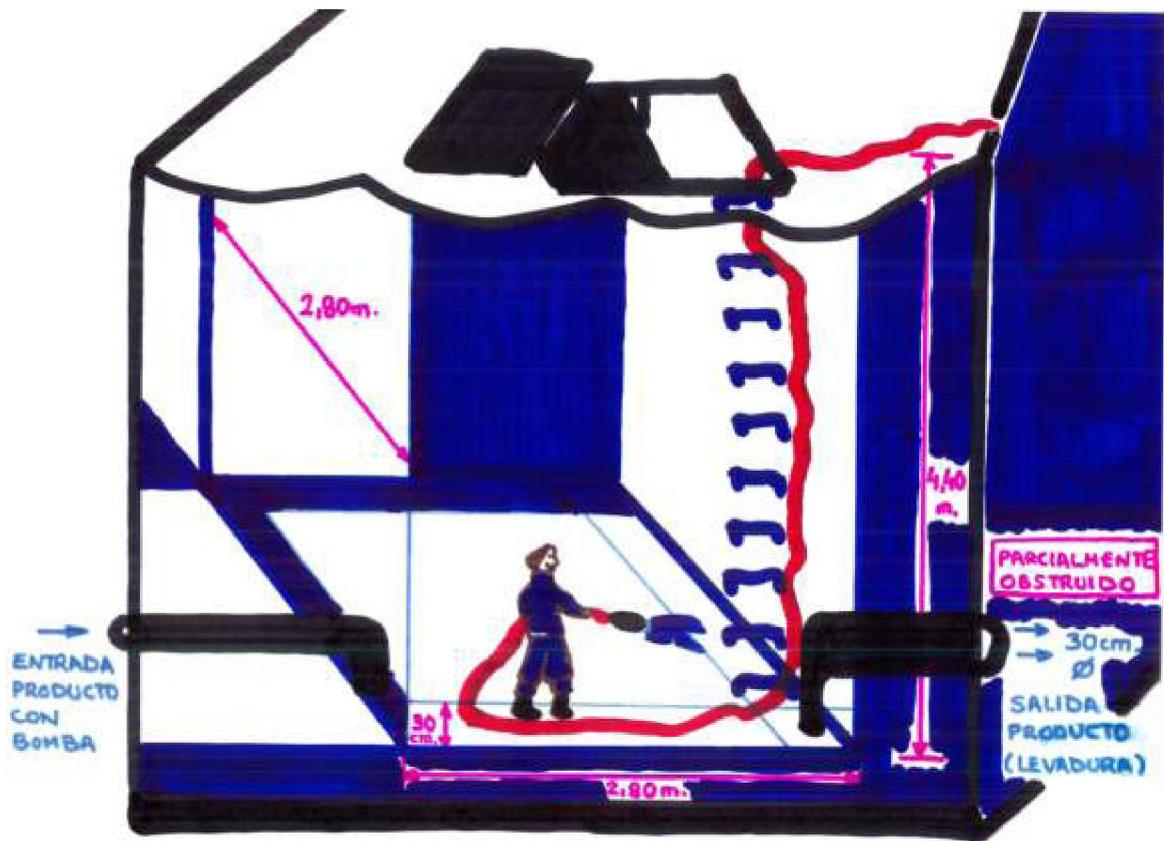
- El jefe del equipo comprobará desde el exterior del silo vertical, y antes de la entrada al mismo, por cotas descendentes hasta el fondo, la concentración de O₂, SH₂, CO, (CO₂, si hay deficiencia de oxígeno), y el índice de explosividad.
- Durante la permanencia en el recinto, este control se hará a la altura de inhalación de la persona expuesta.
- Nota: Se incluirá la actuación a seguir en función de los resultados.
- Mantener abierta en todo momento la tapa de la boca de entrada.
- Establecer durante toda la intervención un barrido eficaz del ambiente del silo, por ejemplo, con un equipo de succión, situando la boca de aspiración cerca del fondo.
- Utilizar equipos respiratorios aislantes, por ejemplo “semiautónomos”.

4. PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS

- Dos miembros del equipo vigilarán visual y permanentemente los trabajos desde el exterior.
- Dispondrán de teléfono móvil o radioteléfono, con el listado de emergencias.
- El sistema anticaídas debe permitir un fácil izado de la víctima en caso de accidente.
- Debe disponerse de al menos un segundo equipo respiratorio aislante, en caso de accidente.

Caso nº 2: Asfixia/intoxicación debido al trabajo realizado

Información gráfica:



DESCRIPCIÓN:**RECINTO: SILO DE ALMACENAMIENTO DE LEVADURAS**

- ? **Profundidad: 4,40 metros.**
- ? **Sección: Cuadrada de 2,80 x 2,80 metros.**
- ? **Volumen: 34,50 m³.**
- ? **Comunicación con el exterior: Boca de entrada de 2,0 x 0,9m.**
- ? **Conexiones:**
 - o **Una tubería de entrada de producto (levaduras) mediante bomba.**
 - o **Una tubería de salida de producto (levaduras).**
- ? **Peculiaridades:**
 - o **Capa de producto en el fondo de 30 cm. de espesor.**
 - o **La tubería de salida se encontraba en fase de construcción.**

TRABAJO A REALIZAR:

- ? Vaciado y limpieza del silo para posibilitar la instalación de un equipo de regulación del caudal de entrada de producto en la tubería de entrada del producto al fondo del silo.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

- ? Tras dejar el silo con una altura de producto en el fondo a una altura de unos 30 cm., Antonio descendió al fondo de la cámara y comenzó la limpieza con una manguera de agua a presión.
- ? En un momento determinado dirigió el chorro hacia el interior del conducto de salida de producto, parcialmente obstruido, y al instante se vio afectado por los gases desprendidos, se sintió mal e intentó salir del silo.
- ? Cuando le faltaban 3 ó 4 peldaños para alcanzar el exterior, desfalleció y cayó al fondo quedando tumbado medio inconsciente.
- ? Su ayudante en el exterior (Javier, el encargado), pidió auxilio y al momento acudió el jefe de mantenimiento, quien bajó y logró izar al accidentado hasta ponerle al alcance del personal en el exterior.
- ? En ese momento, le fallaron las fuerzas al Jefe de mantenimiento y cayó al fondo. Poco después se recuperó y salió por sus propios medios al exterior.
- ? Ambos accidentados fueron trasladados inmediatamente a un centro médico.

DAÑOS PERSONALES:

- ? Fallecidos: 0
- ? Graves: 1
- ? Leves: 1 (Auxiliador)

ANÁLISIS:

CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA PELIGROSA CAUSANTE DEL ACCIDENTE		
Peligrosidad	ASFIXIANTE Y/O TÓXICA	<ul style="list-style-type: none"> - Antonio se vio afectado de forma instantánea. La pérdida de conocimiento de ambos accidentados se produjo con menos de un minuto de exposición. - Las mediciones efectuadas permitieron presumir que inhalaron aire empobrecido en oxígeno y contaminado con sulfuro de hidrógeno, metano y anhídrido carbónico.
Origen	PROCESOS NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - La biodegradación de la materia orgánica de los restos de levaduras del fondo, consumió el oxígeno del recinto y lo reemplazó por anhídrido carbónico y metano. También generó sulfuro de hidrógeno.
Generación	PREVIA A LA ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> - Al eliminar la obstrucción se produjo la liberación del gas contaminante, incidiendo directamente en el trabajador. Su difusión por el silo afectó posteriormente al Jefe de mantenimiento.

TÉCNICAS DE CONTROL APLICADAS							
Respecto al accidente	MEDICIÓN Atmósfera interior	VENTILACIÓN		PROTECCIÓN RESPIRATORIA		VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
		Natural	Forzada	Filtrante	Aislante	SIN equipo de rescate	CON equipo de rescate
ANTES	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO
DESPUÉS (*)	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO

(*) La limpieza se dio por finalizada. Estas condiciones se refieren a la colocación del regulador de caudal.

CAUSAS PRINCIPALES DEL ACCIDENTE:

- Insuficiente Evaluación de Riesgos previa a la intervención.
- Inadecuado Procedimiento de Trabajo para controlar los riesgos existentes.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PROPUESTO: SILO VERTICAL DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS ALIMENTARIOS

1. INFORMACIÓN PREVIA

- Descripción del accidente (ver anteriormente).
- Unas horas antes del accidente se trabajó en el recinto, sin incidencias..
- Recinto ubicado en una zona apartada del recinto de una industria alimentaria.

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

2.1. Identificación de los riesgos generales

- Caídas a distinto nivel por la boca de entrada y al bajar y subir por la escala.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Infecciones por contacto con restos de producto contaminado.

2.2. Identificación de los riesgos por atmósferas peligrosas

- La degradación biológica de la materia orgánica origina peligros de Asfixia por consumo del oxígeno, Explosión por generación de metano, e Intoxicación por generación de sulfuro de hidrógeno, anhídrido carbónico, monóxido de carbono y otros.
- La atmósfera peligrosa puede existir antes de la intervención, formarse rápidamente al remover los fangos o restos de producto al agitarlos con el agua a presión, o súbitamente al liberar la obstrucción.

3. PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1. Medidas de organización

- Si es posible, realizar toda la limpieza desde el exterior. (El desatasco no es imprescindible).
- Instrucciones escritas con las prevenciones básicas para la intervención en espacios confinados.
- Identificación de la peligrosidad del recinto con el distintivo correspondiente.

3.2. Control de los riesgos generales

- Durante la intervención, colocar barandilla de protección en la periferia de la boca de entrada.
- Utilizar un sistema anticaídas de protección individual.
- Usar calzado de seguridad contra líquidos, el deslizamiento y la perforación de la suela.
- Usar guantes y vestimenta contra líquidos.
- Disponer de medios para el aseo personal y desinfección.

3.3. Control de los riesgos por atmósferas peligrosas

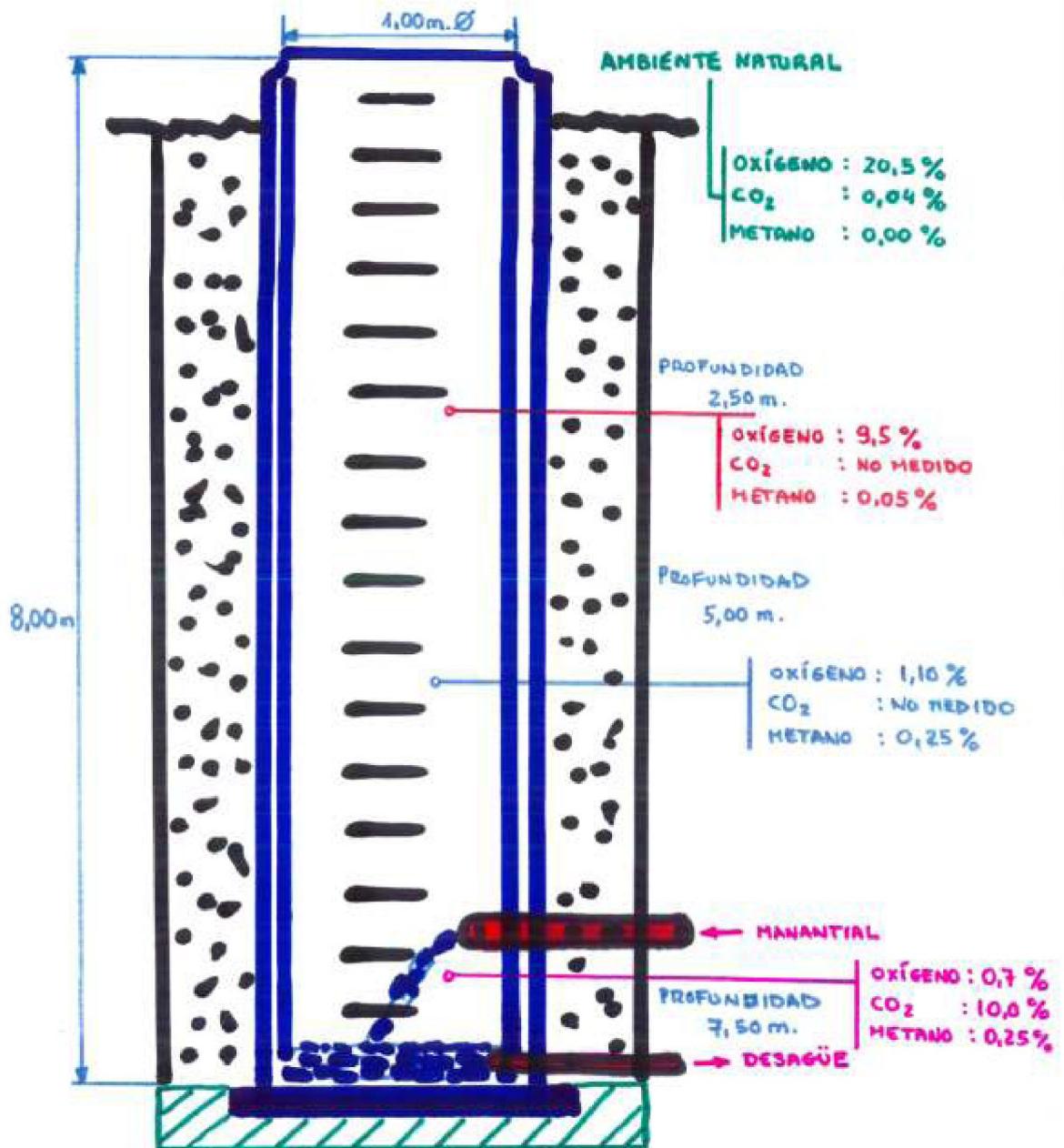
- El jefe del equipo comprobará desde el exterior del silo, y antes de la entrada a la misma, por cotas descendentes hasta el fondo, la concentración de O_2 , SH_2 , CO , (CO_2 , si hay deficiencia de oxígeno), y el índice de explosividad.
- Durante la permanencia en el recinto, este control se hará a la altura de inhalación de la persona expuesta.
- Nota: Se incluirá la actuación a seguir en función de los resultados.
- Mantener abierta en todo momento la tapa de la boca de entrada.
- Establecer durante toda la intervención un barrido eficaz del ambiente del espacio confinado, impulsando aire desde la boca con un ventilador (sobre el propio trabajador, si se va a realizar un desatasco), o aspirando desde la parte baja del recinto.
- Utilizar equipos respiratorios aislantes, por ejemplo "semiautónomos".

4. PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS

- Dos miembros del equipo vigilarán visual y permanentemente los trabajos desde el exterior.
- Dispondrán de teléfono móvil o radioteléfono, con el listado de emergencias.
- El sistema anticaídas debe permitir un fácil izado de la víctima en caso de accidente.
- Debe disponerse de al menos un segundo equipo respiratorio aislante, en caso de accidente.

Caso nº 3: Asfixia debida al entorno del recinto

Información gráfica:



DESCRIPCIÓN:**RECINTO: SILO VERTICAL ENTERRADO EN CONSTRUCCIÓN PARA ALMACENAR LAS AGUAS DE UN MANANTIAL**

- **Características:**
 - Silo cilíndrico de 1,00 m. de diámetro, 8,00 m. de profundidad y 7,00 m³ de volumen.

- **Peculiaridades:**
 - En el fondo del silo había una capa de agua de 30 cm., sobre la que caía el agua del manantial con un salto de 54 cm. tal como se indica en la figura. Los 5,00 m. superiores del silo se habían construido el mismo día del accidente.

TRABAJO A REALIZAR:

- ? Aproveccionamiento de agua para la bebida, en el manantial albergado en el fondo del silo enterrado.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

- ? Según descendía Roberto por la escala con la botella para coger el agua, cayó desvanecido al fondo del silo. Un compañero, Ivan bajó inmediatamente a socorrerle, corriendo idéntica suerte.

- ? El tercer miembro del equipo (Luis), mediante un teléfono móvil solicitó ayuda al servicio de emergencias. Antes de una hora, el servicio de bomberos, ayudándose de equipos respiratorios aislantes, arneses y cuerdas, ya habían izado al exterior a los dos trabajadores, sin que el personal sanitario que esperaba el rescate pudiera hacer nada para salvar sus vidas.

DAÑOS PERSONALES:

- ? Fallecidos: 2 (1 y el auxiliador)
- ? Graves: 0
- ? Leves: 0

ANÁLISIS:

CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA PELIGROSA CAUSANTE DEL ACCIDENTE		
Peligrosidad	ASFIXIANTE (Secundaria: Tóxica por CO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - En el interior del silo la degradación del ambiente aumentaba con la profundidad (ver figura). En el fondo la concentración de oxígeno era inferior al 1 % y la de anhídrido carbónico alcanzaba el 10 %. - La pérdida de conocimiento de los dos accidentados fue instantánea.
Origen	PROCESOS NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - El agua del manantial desprendía anhídrido carbónico del que se había enriquecido a su paso por terrenos calizos y por filtraciones de purines para el abonado de cultivos, puesto que el silo se hallaba en una parcela próxima a cultivos regados con los purines del ganado. - Este anhídrido carbónico desplazó al oxígeno del interior del silo.
Generación	PREVIA A LA ENTRADA	<p>En la investigación realizada se comprobó que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La degradación del ambiente, era tanto más intensa cuanto mayor era la agitación del agua en el fondo del silo. - Con agitación normal (salto de agua de 53 m.) la atmósfera a 6 m. de profundidad pasaba en menos de ½ hora, de “aceptable” a inmediatamente peligrosa para la vida.

TÉCNICAS DE CONTROL APLICADAS							
Respecto al accidente	MEDICIÓN Atmósfera interior	VENTILACIÓN		PROTECCIÓN RESPIRATORIA		VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
		Natural	Forzada	Filtrante	Aislante	SIN equipo de rescate	CON equipo de rescate
ANTES	NO	SI	NO	NO	NO	SI	Teléfono móvil
DESPUÉS (*)	No se volvió a entrar al silo enterrado						

CAUSAS PRINCIPALES DEL ACCIDENTE:

- Hábito de entrar en espacios confinados sin Procedimientos de Trabajo establecidos.
- Desconocimiento general del riesgo de formación de atmósferas peligrosas en el afloramiento de aguas subterráneas en el interior de recintos confinados.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PROPUESTO: SILO VERTICAL ENTERRADO EN CONSTRUCCIÓN PARA ALMACENAR LAS AGUAS DE UN MANANTIAL

1. INFORMACIÓN PREVIA
- Descripción del accidente (ver anteriormente).
- Recinto ubicado en una zona apartada del recinto de una industria alimentaria.
- El agua del manantial resultó ser rica en bicarbonatos y estar contaminada con purines de ganado utilizados para abonar los terrenos de cultivo próximos.

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

2.1. Identificación de los riesgos generales

- Caídas a distinto nivel al bajar y subir por la escala.
- Infecciones por contacto e ingestión de agua no potable contaminada con purines.

2.2. Identificación de los riesgos por atmósferas peligrosas

- Las aguas aparentemente “limpias” pueden generar atmósferas peligrosas en el interior de recintos confinados, especialmente si proceden de afloramientos subterráneos, por su tendencia a absorber oxígeno y desprender, entre otros, anhídrido carbónico y metano. El fenómeno puede agravarse si están contaminadas por filtraciones de riegos con purines.
- La atmósfera peligrosa puede existir antes de la intervención, o formarse rápidamente en función del caudal del agua circulante y la agitación en el fondo del silo.

3. PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1. Medidas de organización

- Establecer aprovisionamientos de agua potable, prohibiendo la entrada a silos para este fin. Nota: Las medidas que siguen se aplicarían en los supuestos que fuera necesario entrar al silo.
- Construir el silo con módulos prefabricados con los peldaños ya instalados.
- Instrucciones escritas con las prevenciones básicas para la intervención en espacios confinados.
- Identificación de la peligrosidad del recinto con el distintivo correspondiente.

3.2. Control de los riesgos generales

- Utilizar un sistema anticaídas de protección individual.
- Usar guantes contra el agua.
- Usar calzado de seguridad contra el agua y el deslizamiento.
- Disponer de medios para el aseo personal y desinfección de heridas.

3.3. Control de los riesgos por atmósferas peligrosas

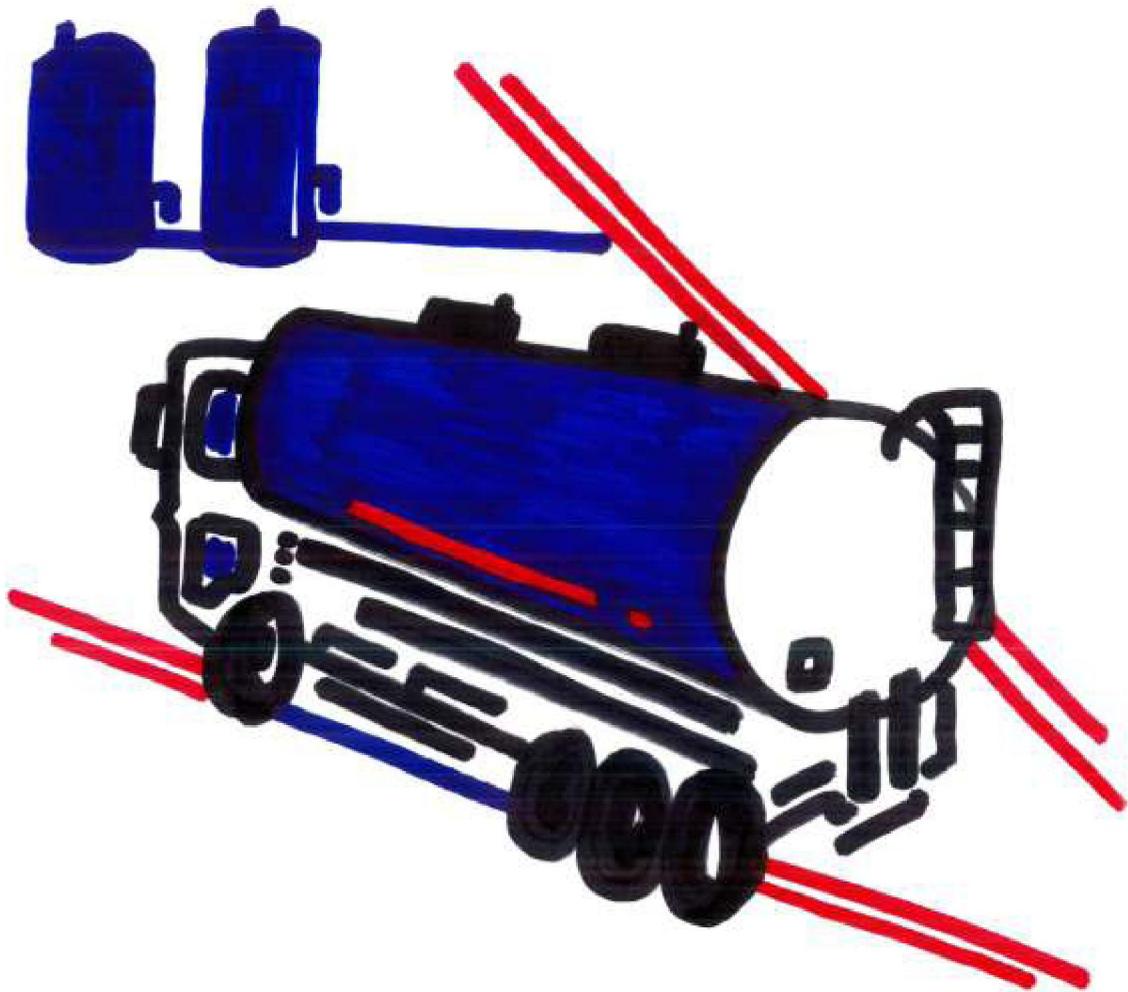
- El jefe del equipo comprobará desde el exterior del silo, y antes de la entrada al mismo, por cotas descendentes hasta el fondo, la concentración de O_2 , SH_2 , CO , (CO_2 , si hay deficiencia de oxígeno), y el índice de explosividad.
- Durante la permanencia en el recinto, este control se hará a la altura de inhalación de la persona expuesta.
- Nota: Se incluirá la actuación a seguir en función de los resultados.
- Mantener abierta en todo momento la boca de entrada. Si hay riesgo de caída, colocar una barandilla.
- Establecer durante toda la intervención un barrido eficaz del ambiente del silo, por ejemplo, aspirando el aire de su zona más baja.
- Como último recurso, utilizar equipos respiratorios aislantes, "autónomos" o "semiautónomos".

4. PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS

- Dos miembros del equipo vigilarán visual y permanentemente los trabajos desde el exterior.
- Dispondrán de teléfono móvil o radioteléfono, con el listado de emergencias.
- El sistema anticaídas debe permitir un fácil izado de la víctima en caso de accidente.
- Debe disponerse de al menos un segundo equipo respiratorio aislante, en caso de accidente, si se opta por el uso de equipos respiratorios aislantes.

Caso nº 4: Explosión debida al propio recinto

Información gráfica:



DESCRIPCIÓN:**RECINTO: SILO VERTICAL ENTERRADO EN CONSTRUCCIÓN PARA ALMACENAR LAS AGUAS DE UN MANANTIAL**

- **Estructura:**
 - Cisterna monotanque de 30 m³, con 2 compartimentos con 2 bocas de carga individuales y comunicadas interiormente por escotillas en los mamparos de separación. Ver Información gráfica.
- **Peculiaridades:**
 - El último producto transportado por la cisterna fue harina de trigo. A partir de ahora la cisterna se quiere utilizar para transporte de un producto apto para celíacos, por lo que se quiere realizar una limpieza a fondo de la misma.

TRABAJO A REALIZAR:

- ? Limpieza del interior de la cisterna por vaporizado.
- ? El proceso comprende varias fases como: Vaporizado, lavado con agua caliente a presión, añadido de agentes de limpieza y desinfectantes e inspecciones visuales intermedias.
- ? El equipo de trabajo está formado por dos personas; Héctor y Carlos.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

- ? Héctor, uno de los operarios se dispuso a comprobar el interior de un compartimento de la cisterna-silo mediante una lámpara portátil convencional, cuando se produjo una explosión que le arrojó al suelo desde lo alto de la cisterna, resultando con quemaduras en cara y brazo, y traumatismo lumbar.
- ? Su compañero, Carlos, que se hallaba a unos 2 metros, también resultó desplazado por la onda expansiva, quedando retenido por la barandilla de protección de la pasarela de la propia cisterna, sufriendo contusiones leves.

DAÑOS PERSONALES:

- ? Fallecidos :0
- ? Graves: 1
- ? Leves: 1

ANÁLISIS:

CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA PELIGROSA CAUSANTE DEL ACCIDENTE		
Peligrosidad	EXPLOSIVA	<ul style="list-style-type: none"> - Toda explosión evidencia por sí misma la existencia previa de una concentración de productos inflamables, o polvos combustibles como en este caso, dentro de sus límites de explosividad. - Aunque no resultó concluyente, se señala que tras el accidente se encontraron en el interior de la cisterna capas de polvo de harina acumuladas de espesores considerables.
Origen	PRESENCIA DE POLVOS COMBUSTIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - La presencia de nubes de polvo combustible, en presencia de una fuente de ignición, y con la mezcla de aire puede dar lugar a una atmósfera explosiva. - La elevada temperatura alcanzada en las vaporizaciones puede producir la generación de una atmósfera explosiva.
Generación	PREVIA A LA INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Se estimó que la atmósfera explosiva se formó por efecto de una chispa al encender la lámpara portátil convencional, sin el marcado y la protección adecuada para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

TÉCNICAS DE CONTROL APLICADAS							
Respecto al accidente	MEDICIÓN Atmósfera interior	VENTILACIÓN		PROTECCIÓN RESPIRATORIA		VIGILANCIA DESDE EL EXTERIOR	
		Natural	Forzada	Filtrante	Aislante	SIN equipo de rescate	CON equipo de rescate
ANTES	NO	Muy limitada	NO	NO	NO	SI	NO
DESPUÉS	Se dio por terminada la limpieza de la cisterna-silo del camión.						

CAUSAS PRINCIPALES DEL ACCIDENTE:

- Utilización de una lámpara eléctrica portátil sin la protección adecuada para su uso en ambientes o atmósferas potencialmente explosivas.
- Procedimientos de Trabajo sin contemplar los riesgos y medios de prevención propios de las operaciones realizadas en la limpieza de cisternas.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PROPUESTO: CISTERNA-SILO DE TRANSPORTE DE HARINA DE TRIGO

1. INFORMACIÓN PREVIA
<ul style="list-style-type: none"> - Las cisternas pueden contener residuos de todo tipo según el producto transportado. - Examen de códigos y pictogramas de identificación de peligros de los productos transportados. - Consulta al transportista sobre las últimas operaciones realizadas. - Consulta de las fichas de seguridad de los productos (en su caso).
<ul style="list-style-type: none"> - Ver descripción del accidente (anteriormente).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

2.1. Identificación de los riesgos generales

- Caídas a distinto nivel desde lo alto de la cisterna-silo.
- Contactos eléctricos en el manejo de lámparas portátiles.
- Contactos con productos químicos (en su caso).

2.2. Identificación de los riesgos por atmósferas peligrosas

- En el interior de las cisternas pueden existir o generarse en el proceso de limpieza atmósferas asfixiantes, explosivas o tóxicas, dependiendo básicamente del último producto transportado. En este caso, una atmósfera explosiva por presencia de nubes de polvo combustibles por polvo de harina.
- Los agentes de limpieza pueden generar productos peligrosos al reaccionar con los residuos y materiales de la cisterna, por ejemplo los hidróxidos con los metales ligeros pueden formar hidrógeno, altamente explosivo. Las altas temperaturas del vaporizado favorecen estos procesos.

3. PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1. Medidas de organización

- Equipos de limpieza con cabezales rotativos de agua a presión.

- Eliminar toda fuente de ignición de posibles atmósferas explosivas:
 - Instalación y equipos eléctricos con protección para ambientes potencialmente explosivos, incluidos ventiladores, sus mangueras acoplables y muy especialmente, las lámparas portátiles.
 - Pinzas para conexiones a tierra de las cisternas, y en su caso equipotenciales entre equipos.
 - Prohibición de fumar, hacer uso de llamas abiertas etc. con señalización al respecto.

3.2. Control de los riesgos generales

- Desplegar las barandillas de protección de la escala y pasarela de tránsito de las cisternas.
- Uso de protección individual completa contra el contacto con productos químicos agresivos.
- Utilizar lámparas portátiles alimentadas con tensiones no superiores a 24 voltios.
- Disponer de duchas de emergencia con dispositivos lavaojos.

3.3. Control de los riesgos por atmósferas peligrosas (En función de la naturaleza del residuo a eliminar)

- Medir índice de explosividad en el interior de la cisterna. Si se entra en ella, medir además, antes y durante la intervención, el contenido de oxígeno y si es posible los contaminantes esperables.
- Nota: Se incluirá la actuación a seguir en función de los resultados.
- Ventilación general forzada eficaz en la zona próxima a las bocas de carga de las cisternas.
- Ventilación localizada con la boca de aspiración próxima al fondo de la cisterna.
- Máscaras completas con filtros polivalentes.
- Cuando sea necesario, equipos respiratorios aislantes, normalmente de tipo "semiautónomo".

4. PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS

- Al menos una persona vigilará visual y permanentemente los trabajos desde el exterior. En caso necesario, avisará al personal de la empresa previsto.
- Dispondrán del listado de teléfonos de emergencias.
- Las personas que entren, irán provistas de arnés y elemento de amarre que permita su izado.
- Debe disponerse de al menos un segundo equipo respiratorio aislante, en caso de accidente.



Modelo: Señalización de trabajos en espacios confinados



Bibliografía

- ✓ **Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, B.O.E. 10/11/1995).
- ✓ **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero (B.O.E. 31/01/1997) por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- ✓ **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril (B.O.E. 23/04/1997) sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- ✓ **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril (B.O.E. 23/04/1997) por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- ✓ **Real Decreto 664/1997**, de 12 de mayo (B.O.E. 24/05/1997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- ✓ **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo (B.O.E. 12/06/1997) sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- ✓ **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio (B.O.E. 07/08/1997) de por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- ✓ **I.N.S.H.T. NTP-223**: Trabajos en recintos confinados. 1988.
- ✓ **I.N.S.H.T. Erga Noticias nº 11**: Trabajos en recintos confinados. 1989.
- ✓ **Mapfre Seguridad. nº 80**. Trabajos en espacios confinados 2000. Procedimientos de Trabajo para la intervención en espacios confinados.
- ✓ **Osalan**. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. **“Seguridad en los espacios confinados Guía para la prevención de riesgos laborales en el mantenimiento de redes de alcantarillado”**. 2ª Edición, mayo 2003. Autor: Jesús Mª Rojas Labiano.
- ✓ **R.D. 681/2003**, de 12 de junio, sobre la Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. (BOE núm. 145, de 18 de junio de 2003).

- ✓ **R.D. 400/1996**, de 1 de marzo, (BOE de 8 de abril de 1996) por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los Aparatos y Sistemas de Protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas (Directiva 94/9/CE ATEX 100).
- ✓ **R.D. 842/2002**. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC 29 Instalaciones en locales con Riesgo de Incendio y Explosión.
- ✓ **Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 1999** relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.
- ✓ **NTP 29**: Instalaciones de recogida de polvos combustibles. Control del riesgo de explosión.
- ✓ **Manual práctico para la Clasificación de zonas en atmósferas explosivas**. Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona.
- ✓ **UNE-EN 14491:2005**. Sistemas de protección por venteo de explosiones de polvo.
- ✓ **Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales**. 2007, Fremap. Autor: Xavier de Gea Rodríguez.
- ✓ **Metodología para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvo combustible**. 2007. Edita: Consejería de Economía y Empleo. Dirección Gral. de Trabajo y PRL. JCyL. Autor: Marceliano Herrero Sinovas.

