

CASOS REALES

Explosión en una fábrica de producción de CMC (Carboximetilcelulosa)



“Si buscas una buena solución y no la encuentras, consulta al tiempo, puesto que el tiempo es la máxima sabiduría.”

*Tales de Mileto (624 AC–546 AC)
Filósofo y matemático griego.*



Las instalaciones afectadas:

Las instalaciones están situadas al borde de un río. La empresa pertenece a una multinacional con varias plantas en el mundo. La planta tiene capacidad para almacenar 50 toneladas de ácido monocloroacético (MCA), componente tóxico. La planta está clasificada SEVESO de nivel bajo.

La CMC, o carboximetilcelulosa, es un polímero derivado de celulosa natural. Soluble en agua que a menudo se usa en forma de sodio (carboximetilcelulosa de sodio).

La CMC también se usa en la industria alimentaria (aditivo E466) para modificar la viscosidad (espesante) o estabilizar emulsiones en muchos productos, como los helados.

La CMC, que tiene una alta viscosidad, no es ni tóxica ni alérgica. Estas propiedades lo convierten en un componente ampliamente utilizado en muchos productos no alimenticios. Por ejemplo, se usa en la composición de lubricantes, cremas dentales, laxantes, píldoras para adelgazar, pinturas a base de agua, detergentes, y productos de papel.

La zona de producción está marcada en rojo en la imagen; el resto de edificios utilizan como oficinas y almacenamiento.

Los talleres tienen paredes 'RF 60' (resistencia al fuego 60 minutos), sistemas de extinción automática (rociadores) y detectores de explosividad.

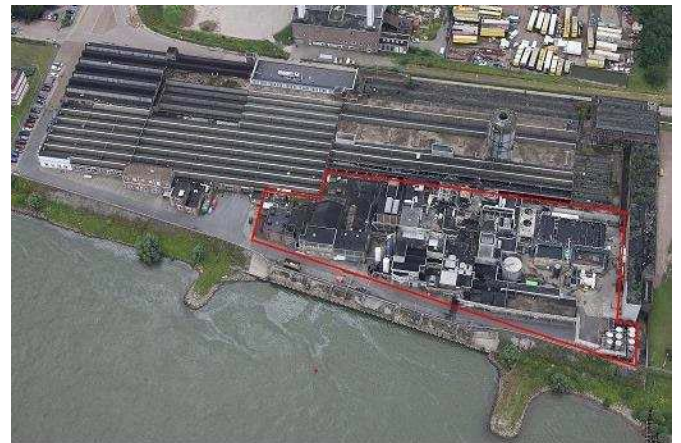
La fábrica emplea a 65 personas. El turno de día tiene 25 trabajadores. La unidad trabaja en flujo continuo (24 horas al día, 7 días a la semana) permanente (incluyendo fines de semana) controlado por un equipo de 2 personas.

Después de la síntesis en el reactor, la suspensión de la CMC se almacena en un depósito de 15 m³. La suspensión, llamada "Técnica CMC", es una mezcla de 60% CMC y el 40% de sales (cloruro y sodio glicolato sódico), directamente utilizables en los detergentes por ejemplo. Un proceso de purificación posterior es necesario para eliminar las sales y obtener CMC pura entrando en la composición de los alimentos, farmacéutica y alguna pasta de dientes. Este proceso de purificación se realiza con un filtro de vacío con una solución de etanol al 65%.

La empresa fabrica la carboximetilcelulosa (CMC) en dos líneas independientes de producción, en un edificio construido en 1928 para la producción de fibras sintéticas.

Esta producción de fibras sintéticas fue trasladada en 1969 a países con salarios bajos y sustituida por el de carboximetilcelulosa para diversas aplicaciones en 1970.

Para satisfacer una demanda de CMC, el antiguo edificio es modificado en 1998, para dar cabida a dos líneas de producción, una para la producción de CMC técnica y el otro para la producción de calidad farmacéutica. Cada línea consta de un reactor, dos tanques de pasta en serie, un filtro de vacío, un molino, secadora y almacenamiento de CMC.

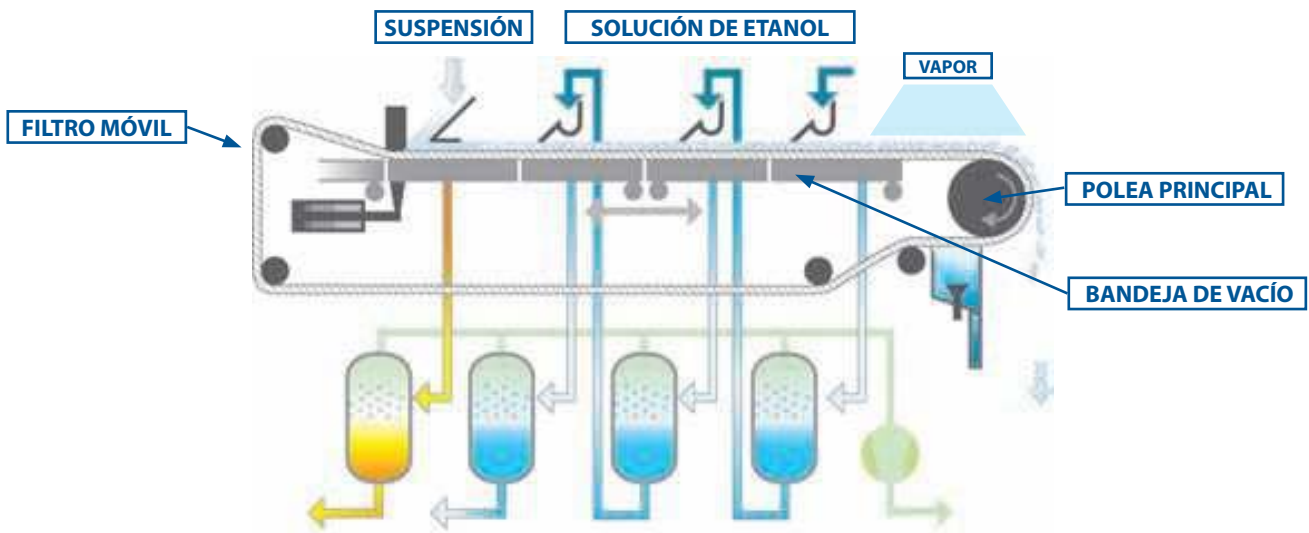


- 1- Reactor de la línea 1**
- 2- Filtro de la línea 1**
- 3- Línea 1 secadora**
- 4- Reactor de la línea 2**
- 5- Filtro de línea 2**
- 6- Línea 2 secadora**

La unidad implicada:

La unidad afectada es un filtro de vacío tipo RT. Una tela filtrante está soportada por una bandeja rígida, perfilada y móvil, que constituye la zona de vacío del filtro. La parte inferior de la bandeja consiste en una estructura de malla abierta. Una polea de cabeza impulsa la tela filtrante.

La pasta se distribuye en la tela del filtro en un extremo y la fase líquida de la suspensión es succionada por la bandeja durante una primera fase de vacío.



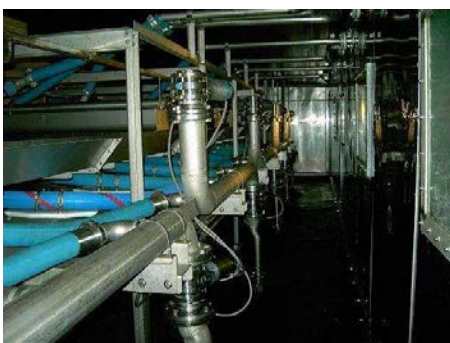
- Línea de lavado a contracorriente -



• Imagen genérica de un filtro de banda de vacío tipo RT

En una segunda fase, denominada "lavado a contracorriente", la pasta de CMC se lava con una solución de etanol al 65% que luego se aspira a través de la pasta de CMC durante la siguiente fase de vacío.

Después de tres fases de lavado a contracorriente, la pasta se seca mediante la inyección de vapor para eliminar cualquier presencia de etanol en la pasta de CMC.



• Vista exterior del recinto revestido de acero



• Vista exterior del recinto revestido de acero (DR)



• Tipo GT

En 1999, para satisfacer una fuerte demanda de CMC, la capacidad de producción se duplicó. Se instalaron dos nuevos filtros de vacío en la antigua planta. Ningún dispositivo de seguridad se adaptó al edificio antiguo, como paneles de venteo.

Si se utiliza un disolvente durante el proceso de purificación, el uso de un filtro de vacío tipo GT (estanco al gas) es necesario. Sin embargo, debido a la trayectoria de la empresa (con dificultades de mantenimiento, y de ajuste de la cinta) y los costes involucrados (los filtros GT son tres veces más caros que los filtros RT), la compañía decidió comprar dos filtros de vacío de tipo RT y construir un sistema de contención alrededor de los filtros.

Debido a las fuentes de ignición en el recinto, la prevención de explosiones se basó completamente en la ausencia de una atmósfera explosiva. Se instaló un sistema de inertización por nitrógeno para este propósito.

En 2003, un experto químico de la empresa declaró que la inertización con nitrógeno era inútil al afirmar que el vapor de etanol estaba en su punto de saturación y, por lo tanto, por encima del límite de explosividad superior (LSE). Se suponía que las gotas de condensación en la cara interna de la ventana de la cámara indicaban la presencia de vapor de etanol saturado en la cámara. A partir de ese momento, se abandonó la inertización continua con nitrógeno.

En 2005, el operador redactó un nuevo procedimiento para usar el filtro de vacío. Este procedimiento indicó que la inertización con nitrógeno solo debería realizarse si las puertas del equipamiento se habían abierto. Además, la duración de la inertización no debe exceder las 2 horas.

Para cumplir con las Directivas ATEX, el operador tenía un documento de protección contra explosiones preparado por un experto externo. Este documento indicó que la concentración máxima de oxígeno en el recinto no debe exceder el 10% de O₂. El sistema de inertización en el recinto del filtro de vacío requirió una inertización con nitrógeno continua. Pero en la práctica, no se realizó una inertización permanente con nitrógeno, excepto la de 2 horas cuando se reiniciaba después de abrir el equipamiento.

Sin otra medida destinada a evitar la ignición de una atmósfera explosiva, como la sobrepresión, el suministro mínimo de caudal o el apagado automático (de acuerdo con NPR-CEN / TR 15281) no se implementó. A pesar de un nivel de oxígeno de entre el 18% y el 20% durante el proceso de filtración, como lo indica un sensor de O₂ en la estación de control, la empresa no reaccionó.

Finalmente, debido a los precios más altos y los impuestos sobre el etanol, la compañía introdujo un mayor control de las cantidades de etanol usadas para evitar derrames y la pérdida de vapor de etanol. Se instaló un dispositivo de enfriamiento en el equipamiento para bajar la temperatura a 24°C y así reducir la pérdida de vapor de etanol. A esta temperatura, las pérdidas potenciales de etanol se redujeron efectivamente y se controlaron mejor, pero esto tuvo el efecto de acercar la concentración volumétrica de etanol a la concentración estequiométrica (concentración a la que la potencia de explosión del vapor es más alta).

El accidente, su desarrollo, sus efectos y sus consecuencias:

EL ACCIDENTE:

Un sábado por la mañana a las 6:45, el filtro de vacío se detiene automáticamente debido a un paro de emergencia de la secadora CMC. Una gran porción de la pasta de CMC supuestamente obstruyó una celda.

Esta parada duró 9 horas, los equipos de mantenimiento tuvieron que ser retirados de la fábrica. La celda se desmonta y se repara antes de volver a colocarse en la línea de secado.

El resto de la pasta de CMC en la cinta del filtro se ha vuelto inutilizable y debe eliminarse del filtro. Para hacer esto, se abre una compuerta en la cinta cubierta que transporta la pasta CMC a la trituradora y a la unidad de secado. El filtro funciona a baja velocidad y la pasta se descarga y se coloca en bolsas de basura. La abertura se cerro y el filtro se reinicia a las 16:00. No se lleva a cabo ninguna purga con nitrógeno porque las puertas del propio equipamiento, que contiene el filtro y el molino, nunca se han abierto directamente.




Alrededor de las 16:15, se abre la válvula de llegada de la pasta para reanudar el proceso de producción. Una explosión ocurre poco después de abrir la válvulas; destruye el recinto y los compartimentos circundantes e inicia un incendio en el edificio. El CMC almacenado en la parte de envío de la planta quema durante 38 horas.

LAS CONSECUENCIAS:

Un empleado que trabaja en un compartimiento adyacente al complejo sufre lesiones graves por la explosión y muere durante la noche. A pesar de todos los esfuerzos para combatir las llamas, el fuego durar 38 horas, liberando una espesa nube de humo negro sobre la ciudad. Las autoridades le piden a las personas que viven en un radio de 3 km desde la planta que cierren puertas y ventanas. La instalación y el edificio se destruyen y el seguro calculará el monto de los daños en 50 millones de euros. La compañía cierra sus instalaciones y transfiere su producción de CMC a China. Los 65 empleados son despedidos.

ESCALA EUROPEA DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO:

Mediante la aplicación de las reglas de calificación de los 18 parámetros de la escala oficial de febrero de 1994 por el comité de las autoridades de los estados miembros competentes, en aplicación de la directiva SEVESO y teniendo en cuenta la información disponible, este accidente se puede caracterizar por los 4 índices siguientes:

Materias peligrosas liberadas		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consecuencias sociales y humanas		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consecuencias medioambientales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consecuencias económicas		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La cantidad de etanol contenido en la cámara era de aproximadamente 300 litros; la cantidad de vapor de etanol en el recinto fue de aproximadamente 100 m³. La energía liberada por la explosión de estos 100 m³ de etanol es de aproximadamente 350 MJ, lo que equivale a 70 kg de TNT. Como resultado, el índice "Productos peligrosos lanzados" alcanza el Nivel 1.

El índice global "Consecuencias humanas y sociales" es 2 ya que un empleado murió.

La cantidad de daño material y pérdida de producción se estima en 50 millones de euros. La limpieza y el desmantelamiento de la investigación costó 1,5 millones de euros. Como resultado, el parámetro "Consecuencias económicas" tiene una calificación de 4.

A pesar de la contaminación atmosférica causada por el incendio, no se registró ningún impacto ambiental. El índice de "consecuencias ambientales" no está calificado.

El origen, las causas y las circunstancias del accidente:

La explosión es el resultado de la combinación de una fuente de ignición y una atmósfera explosiva en el recinto del filtro de vacío:

- La fuente de ignición no se conoce con precisión porque la explosión destruyó el filtro de vacío y el cerco circundante. Sin embargo, son posibles varias fuentes: elementos móviles, componentes eléctricos, un molino mecánico de cuchillas presente en el equipamiento, luces eléctricas, bombas y motores fuera del equipamiento.
- La atmósfera explosiva se debe a la presencia de etanol y aire. De hecho, el aire fresco entro en el recinto a través de la abertura de la compuerta, que ha reducido la concentración de oxígeno (O₂) en la cámara al 20%.

Ethanol : C₂H₅OH

Punto de inflamación: 13 °C

Temperatura de auto ignición: 363 °C

Límite explosividad: 3,3 - 19.0% vol

Presión de vapor: 59.3 mm Hg

Punto de ebullición: 78 °C

Peso molar molecular: 46.04 g / mol

La cámara contenía 300 litros de etanol líquido para lavar la pasta de CMC. El volumen del equipamiento era de 100 m³, llenos de aire y vapor de etanol. La concentración de vapor de etanol depende de la temperatura en el equipamiento. La temperatura no se controló, pero probablemente se encontraba a 24° (la temperatura del sistema de enfriamiento) y 35° C (temperatura del etanol líquido utilizado).

Dependiendo de la temperatura, la concentración volumétrica de etanol fue de entre 5 y 15%.

La concentración estequiométrica volumétrica de etanol es del 5,8%.

Acciones llevadas a cabo:

Poco después del accidente, se estableció un perímetro de seguridad de 500 metros y se desplegó un gran dispositivo humano y material, incluidos 100 bomberos, 20 vehículos y 1 lancha contra incendios para atacar el fuego desde el río.



Acciones administrativas y penales:

La investigación dio lugar a un procedimiento judicial para establecer la responsabilidad de los diversos actores en este accidente.

Acciones técnicas:

Como la planta no se reconstruyó y la producción no se reinició, no se tomaron medidas técnicas.

Sin embargo, la inspección de trabajo suspendió las actividades de una planta de producción de CMC que también utilizaba un filtro de banda de vacío a 25 km. Esta empresa tuvo que implementar muchas acciones correctivas antes de poder reiniciar su filtro:

- nuevo documento de protección contra explosiones;
- estudio de todas las posibles fuentes de ignición;
- implementación de medidas para prevenir fenómenos de ignición, incluida la instalación de una arandela Grower debajo de cada tuerca;
- instalación de varios explosímetros.

Además, la compañía ha investigado nuevas técnicas para purificar la pasta de CMC y planea reemplazar sus filtros de vacío con filtros rotativos presurizados (RTF) en 2012.

La instalación será compacta, menos voluminosa (menor riesgo de explosión). Todas sus partes móviles (fuentes potenciales de ignición) se colocarán afuera.



• Intervención a largo plazo.

Lecciones aprendidas:

- Los cambios no controlados en las condiciones de producción o en las instrucciones de funcionamiento pueden crear situaciones peligrosas a largo plazo. Tales cambios deben estudiarse y debe realizarse un **análisis de riesgos para garantizar la seguridad del proceso en curso**;
- La identificación y evaluación de atmósferas potencialmente explosivas y fuentes de ignición son esenciales para la implementación de medidas de seguridad para evitar explosiones;
- Los datos proporcionados por los expertos en los informes de seguridad deben usarse con cuidado;
- La potencial potencia de la explosión de vapor de disolvente a menudo se desconoce y, a menudo, se subestima.
- Para controlar mejor el riesgo de una atmósfera explosiva a tra-

vés de la inertización, deben seguirse las mejores prácticas de la Guía de Inertización para la Prevención de Explosiones (NPR-CEN / TR 15281). Por ejemplo, la instalación de varios analizadores de O₂ en todo el recinto, el monitoreo de los parámetros de temperatura, presión y humedad, el uso de un sistema de monitoreo y control capaz de cierre inmediato del sistema si la concentración de oxígeno excede la concentración máxima de oxígeno permitida con la **implementación de las normas SIL para mejorar la fiabilidad del sistema de inertizado**.

