



# Guía para la detección de metales

## Elaboración de un programa eficaz

METTLER TOLEDO

Se prohíbe la reproducción o transmisión de este manual en cualquier formato, por cualquier medio, ya sea electrónico o mecánico, incluidas la fotocopia y la grabación, y para cualquier fin, sin el consentimiento expreso por escrito de Mettler-Toledo Safeline Limited.

Esta documentación se proporciona con derechos restringidos.

La información que contiene este manual tiene por objeto ayudar a los fabricantes a desarrollar e implementar un programa eficaz de detección de metales.

Mettler-Toledo Safeline Limited no garantiza la precisión ni aplicabilidad de la información contenida en este documento y, por lo tanto, no será responsable de las lesiones personales ni de los daños sobre la propiedad, directos o indirectos por daños o fallos cuya causa sea el empleo de esta información.

■ Introducción	<b>2</b>
■ Introducción a la detección de metales	<b>6</b>
■ Características fundamentales de diseño	<b>12</b>
■ Factores limitativos de la sensibilidad	<b>18</b>
■ Diseño de los sistemas y aplicaciones	<b>26</b>
■ ¿Detección de metales, inspección por rayos X o ambas tecnologías?	<b>36</b>
■ Motivos para implantar un programa de detección de metales	<b>42</b>
■ Elaboración de un programa eficaz	<b>46</b>
■ Prevención de la contaminación por metales	<b>48</b>
■ Selección de los puntos de control	<b>52</b>
■ Sensibilidad operativa	<b>56</b>
■ Instalación y puesta en servicio	<b>60</b>
■ Validación, verificación y supervisión del rendimiento	<b>64</b>
■ Tratamiento de productos sospechosos y rechazados	<b>76</b>
■ Análisis de datos y mejora del programa	<b>80</b>
■ Datos, conectividad y mejora del rendimiento	<b>84</b>
■ Cálculo del coste total de propiedad de equipos de detección de metales en línea	<b>90</b>
■ Los principios de diligencia debida para el control de calidad y la defensa jurídica	<b>100</b>
■ Conocimiento de las aplicaciones exigentes para mejorar la detección de metales	<b>106</b>
■ Protección frente a explosiones para detectores de metales	<b>112</b>

# Introducción

La mayoría de los fabricantes y procesadores de las industrias alimentaria y farmacéutica reconocen que los sistemas de detección de metales son necesarios y que constituyen un componente esencial de cualquier programa centrado en la calidad eficiente y eficaz. En un mercado cada vez más competitivo, la necesidad de detectores de metales no deja de aumentar, dado un conjunto cada vez más abultado de factores complejos, entre los que se incluyen los cambiantes requisitos de los clientes, el endurecimiento de los estándares industriales y el aumento de los organismos reguladores y legislativos.

Sin embargo, limitarse a instalar detectores de metales como equipos independientes no garantizará necesariamente la fabricación de productos libres de contaminación metálica: las instalaciones de detección de metales deben formar parte de un programa generalizado y eficaz de detección de metales. Hemos actualizado esta guía para que incluya los últimos avances tecnológicos, tendencias de la industria y requisitos relativos a estándares, legislaciones y normativas.

Es evidente que un programa de detección de metales eficaz puede proporcionar protección frente a posibles fallos y retiradas de productos causados por la contaminación por metales. Pero no solo eso: un programa de detección de metales eficaz puede contribuir a mantener un estatus de certificación que el proveedor se haya ganado a pulso, además de reducir los costes operativos totales.

En el caso de que se produjera una reclamación legal, semejante programa también podría suponer una prueba de que se han tomado medidas razonables y se ha trabajado con la diligencia debida en todo el proceso de fabricación.

Los requisitos para que un programa de detección de metales sea eficaz y las ventajas de adoptar un programa de ese tipo se resumen en el diagrama 1a.

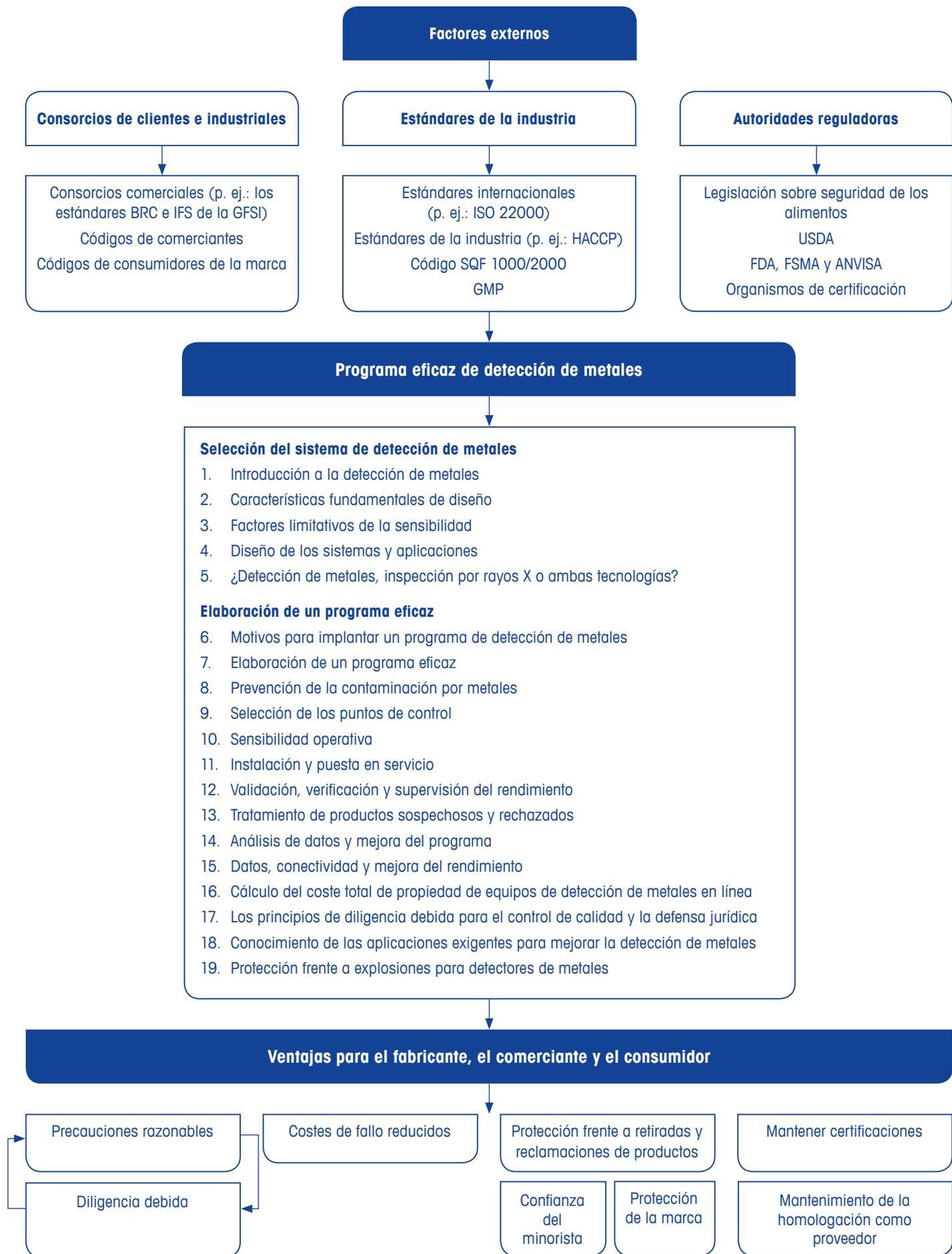


Tabla 1a: programa eficaz de detección de metales

Esta guía constituye una fuente de referencia exhaustiva para cualquier persona involucrada en la seguridad alimentaria y ofrece un análisis de todos los aspectos de la detección de metales, desde los conceptos básicos hasta la implementación de un programa completo de detección de metales.

**Los capítulos del 1 al 4** ofrecen una descripción general del funcionamiento de los detectores de metales, junto con una explicación de las características de diseño importantes. Estos capítulos también proporcionan un análisis de los factores que pueden limitar el rendimiento del equipo. Asimismo, se incluye una descripción de la integración de los detectores de metales con sistemas de rechazo eficaces.

**El capítulo 5** analiza cómo se pueden usar los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X, tanto de forma independiente como combinada, para ofrecer la máxima protección contra una cantidad cada vez mayor de posibles materiales contaminantes.

**Los capítulos del 6 al 15** demuestran que limitarse a instalar un sistema de detección de metales no ofrecerá necesariamente los niveles de protección adecuados contra la contaminación por metales. Para conseguir una protección adecuada y exhaustiva, se debe implementar un programa completo de detección de metales, cuyos elementos más importantes se explican con detalle en estos capítulos.

**Los capítulos del 16 al 19** ofrecen directrices prácticas que incluyen algunas ideas sobre cómo calcular el coste total de propiedad de un sistema de detección de metales en línea, así como una descripción de cómo cumplir con creces los estándares de diligencia debida de la industria alimentaria por medio de un sistema más adecuado. El penúltimo capítulo analiza cómo superar los desafíos que plantean las aplicaciones alimentarias exigentes mediante los últimos sistemas de detección de metales en línea. El último capítulo explica la protección contra explosiones.



# Introducción a la detección de metales

Este capítulo ofrece una descripción general de los componentes y los principios de funcionamiento, con el fin de comunicar unos conocimientos generales sobre los sistemas de detección de metales.

Posteriormente, podrá profundizar en la información contenida en el presente capítulo a partir de la que se le ofrece en los capítulos siguientes, lo que debería llevarle a comprender con claridad la tecnología de detección de metales, las capacidades de los equipos y su rendimiento.

## 1

## Introducción a la detección de metales

- 1.1 Fuentes de contaminación por metales
- 1.2 ¿Qué es un sistema de detección de metales?
- 1.3 ¿Dónde se puede usar un sistema de detección de metales?
- 1.4 Sistema de bobinas equilibradas
- 1.5 Detección de metales férricos a través del aluminio
- 1.6 Modos de detección
- 1.7 ¿Por qué debería elegir el detector de metales adecuado?

## 1.1 Fuentes de contaminación por metales

Hay numerosas fuentes de contaminación por metales y ni siquiera los controles más estrictos pueden prevenir incidencias ocasionales en las que pequeñas piezas metálicas se introducen en los productos destinados al consumo.

Unos buenos hábitos de trabajo minimizarán la probabilidad de que penetre contaminación metálica en el flujo de producción y, además, el diseño y la selección adecuados de los equipos maximizarán las probabilidades de detectar y eliminar de forma fiable cualquier partícula metálica que se introduzca en los productos.

Estas son las fuentes de contaminación más habituales:

- **Materias primas**  
Entre los ejemplos más frecuentes se hallan las etiquetas metálicas y los perdigones en la carne, el alambre en el trigo, el alambre de tamices en productos en polvo, las piezas de tractores en las hortalizas, los anzuelos en el pescado, las grapas y las ataduras de alambre procedentes de los envases.
- **Efectos personales**  
Botones, bolígrafos, joyas, monedas, llaves, horquillas para el cabello, chinchetas, alfileres, clips para papel, etc.
- **Mantenimiento**  
Destornilladores y otras herramientas similares, virutas metálicas y restos de soldadura (procedentes de reparaciones), restos de hilo de cobre (procedentes de reparaciones eléctricas), artículos diversos procedentes de una limpieza deficiente o negligencia y virutas metálicas procedentes de reparaciones de tuberías.
- **Procesamiento en la planta**  
Existe peligro de contaminación siempre que un producto se manipula o se somete a un proceso. Los trituradores, agitadores, mezcladores y sistemas de transporte pueden actuar como fuentes de contaminación por metales. Otros ejemplos de la contaminación por metales procedentes de estas fuentes son los tamices rotos, las esquirlas de metal procedentes de molinos y el laminado de aluminio de productos recuperados.

La identificación de la fuente probable de contaminación es una fase de vital importancia a la hora de elaborar un programa global de detección de metales que resulte eficaz.

## 1.2 ¿Qué es un sistema de detección de metales?

Un sistema industrial de detección de metales es un equipo sofisticado que sirve para detectar y eliminar la indeseable contaminación por metales. Si se instala y se maneja de forma adecuada, ayuda a reducir la contaminación por metales y a mejorar la seguridad de los alimentos. Un sistema típico de detección de metales consta de cuatro componentes principales:

### 1. Bobina detectora o cabezal de detección

La mayoría de los detectores de metales modernos forman parte de una de las dos categorías principales con respecto al cabezal de detección, que es el componente del sistema de detección de metales que identifica la presencia de contaminación por metales:

- El primer tipo de detectores de metales se sirve de un cabezal de detección de "bobinas equilibradas". Los detectores de este tipo pueden detectar todo tipo de contaminación metálica, incluidos metales férricos, no férricos y aceros inoxidable, en productos frescos y congelados. Los productos inspeccionados pueden estar sin embalar y embalados, e incluyen los productos embalados con láminas metalizadas.
- El segundo tipo de detector se sirve de imanes permanentes montados en un cabezal de detección de metales férricos a través del aluminio. Estos cabezales de detección pueden detectar metales férricos y aceros inoxidable magnéticos únicamente en el interior de productos frescos o congelados envasados en papel de aluminio.

Aunque existen también otras tecnologías, esta guía se centra fundamentalmente en el tipo de detector de "bobinas equilibradas" y (en una medida muy inferior) en las tecnologías de detección de metales férricos a través del aluminio.

Los cabezales de detección se pueden fabricar en prácticamente cualquier tamaño para adaptarse al producto que se desea inspeccionar. Pueden ser tanto rectangulares como circulares y se pueden montar en disposición horizontal, vertical o inclinada.

Todos los cabezales de detección tienen un espacio (conocido como "abertura") por el cual pasa el producto. Cuando el cabezal de detección detecta un contaminante metálico, envía una señal al sistema de control electrónico.

### 2. Interfaz de usuario / panel de control

La interfaz de usuario es el elemento de interacción del sistema de control electrónico y se suele montar directamente sobre el cabezal de detección. Sin embargo, también se puede montar en otro lugar (mediante cables de conexión) si el cabezal de detección es demasiado pequeño o si este se encuentra instalado en un lugar incómodo o inaccesible.

### 3. Sistema de transporte

El sistema de transporte sirve para pasar el producto que se debe inspeccionar por la abertura del detector de metales. El tipo de sistema de transporte más habitual es un transportador. Otras alternativas son:

- Una rampa de plástico con el detector en disposición inclinada.
- Una tubería no metálica, en disposición horizontal o vertical. Este tipo de sistema de transporte se suele usar para la inspección polvos y líquidos.

### 4. Sistema de rechazo automático

El sistema de transporte está equipado frecuentemente con un dispositivo de rechazo automático para retirar cualquier producto contaminado de la línea de producción. Hay una gran variedad de dispositivos de rechazo: chorros de aire, brazos de empuje, compuertas de rechazos, etc. El tipo de dispositivo de rechazo instalado dependerá del tipo de producto que se desea inspeccionar (consulte el capítulo 4 para obtener más información).

Además de los cuatro componentes principales, los sistemas de detección de metales también pueden incluir otros elementos importantes:

- Un contenedor con cierre sujeto al lateral del transportador, cuyo objetivo es recoger el producto rechazado.
- Cubierta completa entre el detector y el dispositivo de rechazo.
- Una alarma a prueba fallos que se activa si el detector de metales desarrolla algún error.
- Un dispositivo de confirmación de rechazo con sensores y temporizadores, cuya misión es confirmar que el producto contaminado se retira efectivamente de la línea.
- Una baliza o una alarma sonora que advierte a los operadores de otros sucesos como, por ejemplo, una advertencia automatizada de que el detector debe revisarse o de que el contenedor de rechazo está lleno.
- Una gran cantidad de sistemas a prueba de fallos opcionales para alcanzar el nivel de diligencia debida.

## 1.3 ¿Dónde se puede usar un sistema de detección de metales?

Se pueden usar detectores de metales en diversas etapas del proceso de producción:

### 1. Inspección a granel "durante el proceso"

- El metal se elimina antes de que se pueda fragmentar en trozos pequeños.
- Protege de daños la maquinaria de procesamiento.
- Evita el desperdicio de productos y envases que supondría rechazar posteriormente un producto acabado de mayor valor.

Son ejemplos típicos de este tipo de inspección los pedazos de carne antes de ser picados, los ingredientes con los que se cubren las pizzas y los productos en grano.

### 2. Inspección del producto acabado

- Se elimina el riesgo de contaminación posterior.
- Garantiza la conformidad con los estándares de calidad de marca del consumidor y del comerciante.

La mejor protección se consigue combinando la inspección a granel y la inspección de productos acabados.

Los tipos de contaminantes metálicos más habituales incluyen:

- Férricos (hierro).
- No férricos (latón, cobre, aluminio o plomo).
- Varios tipos de acero inoxidable (magnéticos y no magnéticos).

De los tres tipos enumerados, los metales férricos son por lo general los más fáciles de detectar, por lo que la detección se puede efectuar adecuadamente con detectores relativamente sencillos (o incluso con separadores magnéticos).

Las aleaciones de acero inoxidable, que se usan profusamente en la industria alimentaria, son a menudo las más difíciles de detectar, en especial, los grados no magnéticos como, por ejemplo, el 316 y el 304.

Los metales no férricos, como el bronce, el cobre y el plomo, suelen encontrarse entre estos dos extremos (aunque en los detectores de metales más grandes que funcionan a frecuencias más altas, los metales no férricos pueden ser más difíciles de detectar que el acero inoxidable no magnético).

Solo los detectores de metales con un sistema de bobinas equilibradas con corriente alterna son capaces de detectar pequeñas partículas de metal no férrico y de acero inoxidable no magnético.

## 1.4 Sistema de bobinas equilibradas

### 1.4.1 Fundamentos de funcionamiento

El sistema consta de tres bobinas arrolladas sobre un soporte metálico u "horma", y todas ellas están completamente paralelas entre sí (figura 1.1). La bobina central (la "transmisora") se energiza con una corriente eléctrica de alta frecuencia que genera un campo magnético.

Las dos bobinas laterales actúan como receptoras. Dado que estas dos bobinas son idénticas y se encuentran a la misma distancia de la transmisora, la tensión inducida en ambas es la misma. Si estas bobinas se conectan en oposición, estas tensiones se anulan entre sí y se produce una "salida cero".

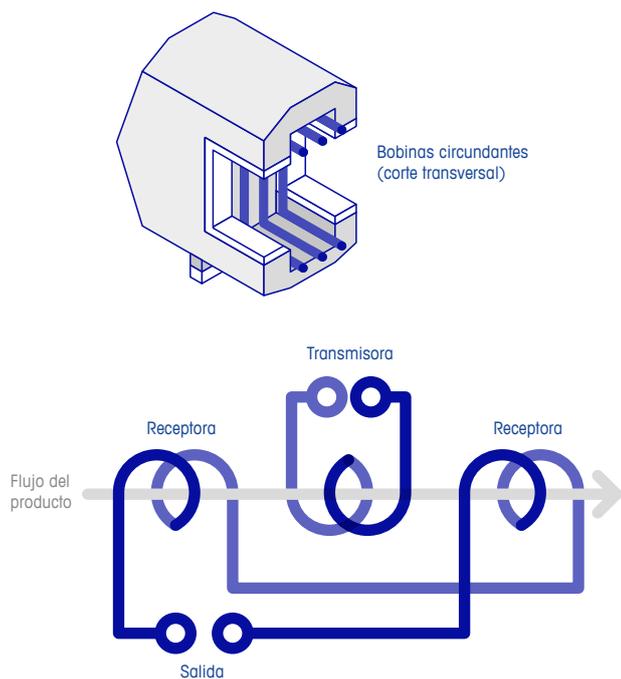


Figura 1.1

Cuando una partícula metálica pasa a través del conjunto de bobinas, el campo magnético de alta frecuencia se altera en la primera bobina receptora (punto A) y, a continuación, en la segunda (punto B). Esta acción cambia la tensión generada en cada receptor (aunque solo en  $1 \times 10^{-9}$  nanovoltios). A pesar de que el cambio de tensión es muy reducido, esta alteración del equilibrio de las bobinas genera una señal que se puede procesar, amplificar y usar posteriormente para detectar la presencia de contaminantes metálicos no deseados (figura 1.2).

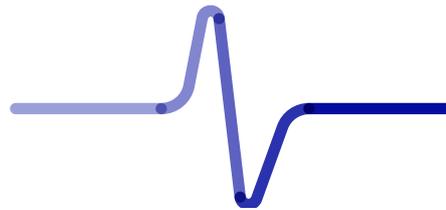


Figura 1.2

De hecho, el sistema electrónico de control descompone la señal recibida en dos componentes, conocidos como "magnético" y "conductivo", a  $90^\circ$  el uno del otro.

Para evitar que las señales eléctricas presentes en el aire o la maquinaria y los elementos metálicos cercanos perturben el funcionamiento del detector, el sistema de bobinas al completo se coloca en el interior de una carcasa metálica, la cual dispone de una abertura que permite el paso del producto.

Esta carcasa puede estar hecha de aluminio o de acero inoxidable (en función de la aplicación). Además de servir de pantalla, la carcasa de metal aporta resistencia y rigidez al conjunto. Estas características son esenciales para un funcionamiento satisfactorio del detector.

Existen varias técnicas especiales, mecánicas y eléctricas, que son fundamentales para que el diseño de un detector de metales sea estable y fiable. La estabilidad de la producción de la línea es un factor clave para medir el rendimiento de un detector de metales a la hora de comparar las ofertas de varios proveedores.

### 1.4.2 Técnicas mecánicas

La carcasa metálica afecta al equilibrio del campo magnético, por lo que cualquier movimiento que afecte a las bobinas puede dar origen a una señal de detección falsa. Además, cualquier movimiento microscópico de una bobina respecto a las demás (siquiera de 1 micra) puede producir una señal suficiente para provocar un falso rechazo.

Uno de los principales problemas de diseño para los fabricantes de detectores de metales es el desarrollo de un sistema completamente rígido y estable, que no se vea afectado por la vibración de motores, poleas, dispositivos de rechazo automático, cambios de temperatura, transporte ni por cualquier otra maquinaria ubicada en su inmediata proximidad.

Seleccionar el tipo de material adecuado para las especificaciones de la bobina del cabezal de detección es de vital importancia y el diseño de la carcasa resulta igual de importante. Para aumentar aún más la rigidez mecánica, la mayor parte de los fabricantes rellenan la carcasa del detector con algún material que evite que el movimiento de la carcasa afecte a las bobinas (a este proceso se le suele llamar "encapsulado").

De esta manera, se aumenta al máximo la sensibilidad a la que puede funcionar la unidad bajo las condiciones habituales en fábrica. La calidad del relleno es crucial para un buen rendimiento del detector de metales.

### 1.4.3 Técnicas electrónicas

Los métodos de fabricación mecánica reducen al mínimo las señales falsas causadas por el movimiento de las bobinas y la carcasa, al tiempo que confieren al equipo más estabilidad a largo plazo en entornos difíciles. No obstante, hay varios factores que pueden contribuir a un desequilibrio de tensión. Entre ellos, se encuentran:

- Cambios de temperatura.
- Proximidad del metal a la abertura.
- Envejecimiento de los componentes electrónicos.
- Cambios progresivos en la estructura mecánica.

Estos tipos de factores que crean un desequilibrio de tensión se pueden eliminar por medio de diversas técnicas electrónicas. El control automático del equilibrio supervisa continuamente el desequilibrio de tensión y lo corrige de forma automática. Así, no es necesario que un operador realice periódicamente ajustes y se garantiza el funcionamiento óptimo del detector en todo momento.

El control de frecuencia con cristal de cuarzo, que se ha convertido en el estándar de la mayoría de los detectores de metales, permite controlar de forma precisa la frecuencia del oscilador con el fin de evitar derivas. No obstante, es necesario emplear más medidas de compensación electrónica para contrarrestar las variaciones de los componentes electrónicos que se producen a causa de cambios de temperatura.

El control automático de equilibrio y el control de frecuencia con cristal de cuarzo no permiten por sí mismos que el detector pueda detectar elementos metálicos más pequeños. Sin embargo, sí posibilitan que el detector mantenga su nivel de sensibilidad sin necesidad de atención por parte del operador y sin generar señales de falso rechazo.

La automatización de los circuitos de compensación de temperatura contrarresta los efectos de la variación de las temperaturas externas que puedan afectar al rendimiento del detector eliminando la deriva del equilibrio.

Por lo tanto, para mantener el pleno rendimiento durante un tiempo prolongado, el control automático del equilibrio, el control de frecuencia con cristal de cuarzo, la compensación de temperatura y el encapsulado de los cabezales de detección son factores esenciales.

### 1.4.4 Zona sin metal (MFZ)

La mayor parte del campo magnético de alta frecuencia del detector queda contenido en la carcasa metálica de la unidad. Es inevitable que se produzcan algunas fugas en el campo magnético por la abertura del detector; y el efecto de estas fugas sobre el campo magnético de la estructura metálica que lo rodea puede alterar el rendimiento del detector, lo que genera irregularidades en la capacidad de detección.

Para conseguir el mejor resultado en la detección de metales, la abertura del detector debe estar rodeada por una zona sin metal: la zona MFZ (del inglés Metal-free zone), libre de cualquier tipo de elemento metálico.

El tamaño de la MFZ depende de:

- El tamaño de la abertura (figura 1.3).
- El tipo de detector.
- La sensibilidad operativa.

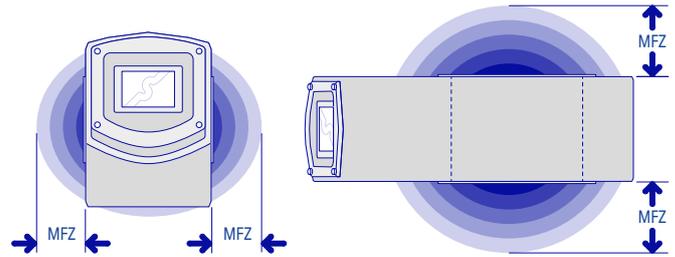


Figura 1.3

Los elementos metálicos fijos se pueden colocar más cerca del detector que los elementos metálicos móviles.

Normalmente, la MFZ se especifica en las instrucciones de instalación del fabricante. Los valores más habituales se encuentran en torno a 1,5 veces la altura de la abertura para elementos metálicos fijos y el doble de la altura de la abertura para elementos metálicos móviles. Si se tiene en cuenta este factor al realizar la instalación, se conseguirá un comportamiento fiable y uniforme del detector de metales.

El espacio disponible puede ser limitado, como cuando se usa un sistema transportador corto o cuando la instalación se encuentra entre una controladora de peso y una embolsadora de formado, llenado y sellado en vertical. En tales circunstancias, se debe usar una unidad especial si la zona sin metal es demasiado pequeña. Este tipo de sistema usa la "tecnología ZMFZ" (del inglés Zero Metal Free Zone). Como alternativa, existen otras técnicas mecánicas como, por ejemplo, la incorporación de rebordes ampliados que también tienen el objetivo de controlar las fugas del campo magnético.

### 1.5 Detección de metales férricos a través del aluminio

Si el producto que se va a inspeccionar está envasado con laminado de aluminio, no se puede usar un sistema de detección de metales de bobinas equilibradas. No obstante, existe un diseño

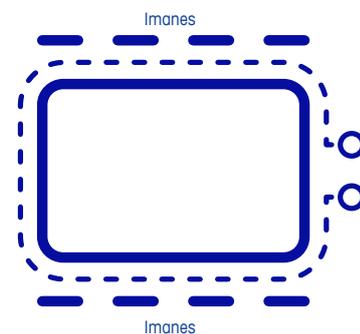


Figura 1.4

Detector de metales férricos a través del aluminio

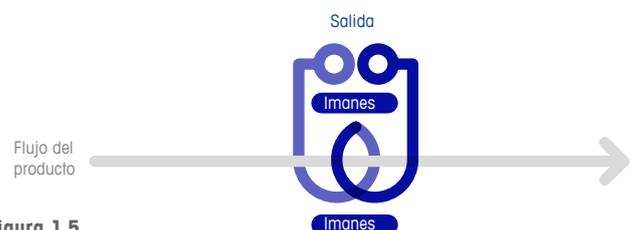


Figura 1.5

de detector que suprime el efecto del laminado de aluminio, pero que continúa siendo sensible a los pequeños elementos contaminantes férricos y de acero inoxidable magnético. En las figuras 1.4 y 1.5 se ilustra el fundamento de su funcionamiento.

Cuando una partícula metálica se acerca al detector, pasa por un potente campo magnético que la magnetiza. Cuando esta partícula magnetizada pasa por la bobina única (arrollada alrededor de la horma), se genera una pequeña tensión que se amplifica posteriormente.

Los detectores de metales férricos a través del aluminio presentan una sensibilidad muy superior a los materiales magnéticos que a los no magnéticos, pero en la práctica puede ser necesario reducir la sensibilidad del detector para evitar señales de producto producidas por el laminado de aluminio. Este tipo de condiciones de funcionamiento suelen limitar la eficiencia del rendimiento.

Las limitaciones de esta tecnología son claras y, a menos que (mediante los resultados del HACCP) los únicos contaminantes metálicos posibles sean férricos (o magnéticos) se recomienda que se investiguen otras tecnologías como, por ejemplo, los rayos X.

## 1.6 Modos de detección

Cuando una partícula metálica pasa a través de un detector de bobinas equilibradas, se genera una señal de salida que aumenta hasta el máximo a medida que pasa bajo la primera bobina. Seguidamente, esta señal cae a cero cuando alcanza la bobina central y vuelve a aumentar al máximo cuando pasa bajo la tercera bobina.

La señal comienza a crearse cuando el contaminante metálico se encuentra a cierta distancia de la bobina (en el caso de un contaminante metálico de gran tamaño, podría afectar a la bobina antes de llegar al detector). En la figura 1.6 se muestra la señal generada por un elemento metálico pequeño y por uno grande. Esto sucede en todos los tipos de detectores.

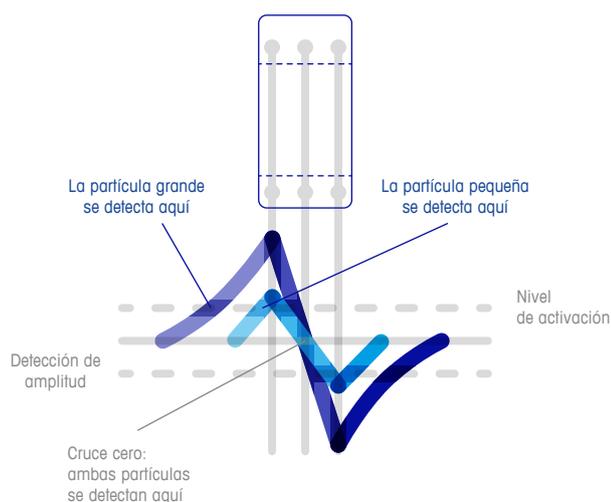


Figura 1.6

No obstante, existen dos métodos distintos de interpretar o procesar esta señal de salida, que dan lugar a distintas características del detector: el primero se denomina "detección de amplitud" y, el segundo, "detección de cruce cero" (o "zona estrecha").

### 1.6.1 Detección de amplitud

El detector entra en funcionamiento cuando la señal de la partícula metálica supera un nivel de activación predeterminado. En la figura 1.6 se muestra que un elemento metálico grande sobrepasa el nivel de disparo antes que una partícula pequeña y, por lo tanto, se detecta antes. Con el método de detección de amplitud, un elemento metálico grande se detecta antes, por lo que se rechaza más cantidad de producto "apto".

### 1.6.2 Detección de cruce cero

En este método, la señal de detección del metal se genera cuando cambia la polaridad de la señal: de positivo a negativo o viceversa. En la figura 1.6 se muestra que esto se produce siempre en el mismo punto (bajo la bobina central), independientemente del tamaño del elemento metálico. Con este método, se determina con precisión el punto de detección, sin tener en cuenta el tamaño del metal, por lo que se reduce al mínimo la cantidad de producto rechazado.

### 1.6.3 Varios elementos metálicos

El principal inconveniente del método de cruce cero es que no está exento de fallos. En una línea de producción normal, es habitual que no se detecte contaminación durante un periodo prolongado y que después se detecten varias partículas en el producto al mismo tiempo (como cuando se rompe un tamiz o una picadora).

Si dos partículas metálicas seguidas son de distinto tamaño, es posible que el detector de cruce cero no detecte la más pequeña.

En la figura 1.7 se muestra la señal procedente de una partícula metálica pequeña (A), seguida de una más grande (B). El detector no percibe las dos señales independientes, sino la señal combinada resultante (C) que se forma por la fusión de las señales de las partículas metálicas A y B en una sola señal.

Antes de que la señal C pueda cambiar de polaridad (y, por lo tanto, detectarse), se ve sobrecargada por los efectos de la segunda partícula metálica y, en consecuencia, la primera partícula metálica no se detecta.

Si aparece una tercera partícula metálica, puede que no se detecten las dos primeras (y así sucesivamente). Esto supone una importante limitación para el método de cruce cero.

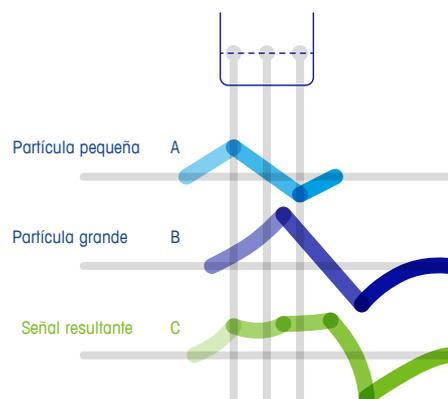


Figura 1.7

### 1.6.4 Detección inversa

Algunos productos envasados incluyen deliberadamente un objeto metálico como parte del envase o del propio producto. Puede tratarse de un componente específico o de un regalo, pero independientemente de su forma o función, los detectores de metales también se pueden usar para verificar la presencia de dicho objeto metálico "necesario" en un producto envasado.

Normalmente, esto se realiza invirtiendo la acción del temporizador de rechazo, de forma que se rechace todo producto que no contenga metal y que se acepte el que lo contenga.

En este tipo de aplicación, es importante supervisar el producto antes y después del momento en el que se introduce el artículo metálico. De este modo, se confirma que el artículo metálico detectado en el punto de salida es el objeto "necesario" y no un contaminante metálico.

## 1.7 ¿Por qué debería elegir el detector de metales adecuado?

### 1.7.1 Conformidad

Si se instalan en los puntos críticos de control (PCC) de los procesos, los detectores de metales permiten a su empresa cumplir los requisitos del Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP), así como los requisitos más generales de los estándares y las normativas de seguridad alimentaria. (Consulte el capítulo 9 para obtener más información).

No obstante, no basta con limitarse a instalar un detector de metales en los puntos críticos de control. La comprobación periódica del rendimiento de los equipos de detección de metales constituye un elemento fundamental de cualquier sistema de control de calidad bien diseñado, en las industrias alimentaria y farmacéutica.

### 1.7.2 Reducción de costes

Si selecciona el detector de metales más estable y fiable, y lo instala en los puntos más adecuados del proceso de facturación, podrá gestionar los costes totales de la vida útil del producto y reducirlos a la mínima expresión:

- Eliminando los falsos rechazos y el desperdicio de producto.
- Reduciendo los requisitos de comprobación del rendimiento.

### 1.7.3 Mejoras de la productividad

Los resultados de las investigaciones apuntan a que, de media, en las fábricas se desaprovecha entre un 28 % y un 40 % de la capacidad debido a las paradas, las ralentizaciones, las interrupciones y los defectos. Si elige un detector de metales fácil de configurar y de usar, podrá obtener un rendimiento fiable y uniforme. Además, gracias a los requisitos mínimos de mantenimiento y el diseño fácil de limpiar del sistema, se optimizará la productividad mediante la eliminación casi total de los costosos tiempos de inactividad.

La eficacia global del equipo (OEE) es una herramienta importante en las industrias farmacéutica, de empaquetado y de procesamiento de alimentos. En cualquier empresa con alto coeficiente de capital, la mejora de la OEE constituye una metodología fundamental para promover la mejora de la eficiencia, el aumento de la calidad y la reducción de los costes.

Al adoptar la metodología de OEE, podrá obtener ventajas en las siguientes áreas:

- Equipo: reducción del tiempo de inactividad del equipo y de los costes de mantenimiento, y mejora de la gestión de la vida útil del equipo.
- Personal: mayor rendimiento y productividad al mejorar la visibilidad de las operaciones y potenciar el rol de los operadores.
- Proceso: incremento de la productividad mediante la identificación de los cuellos de botella.
- Calidad: aumento del índice de calidad y reducción de los desperdicios.

Existen numerosas herramientas de software que permiten recabar datos sobre el rendimiento de fabricación y mostrar el rendimiento de la OEE de forma gráfica. Seleccionar una herramienta de software de OEE es vital para el éxito de cualquier iniciativa de OEE. Un error que se debe evitar es la creencia de que esta herramienta impulsará una mejora de la OEE. Recuerde que toda aplicación de software de OEE tan solo es una herramienta y, si no se maneja correctamente, tan solo medirá la OEE, pero no la mejorará. Consulte el capítulo 15 para obtener información más detallada relacionada con la medición y el cálculo de la OEE, además de orientación sobre cómo mejorarla.

### 1.7.4 Mejora de la competitividad

En última instancia, si cumple los estándares normativos, industriales y comerciales; reduce los costes; y aumenta la productividad, podrá mejorar su competitividad. A su vez, esto le permitirá proteger su marca y su reputación, así como estar en una mejor posición para conseguir más clientes.

# Características fundamentales de diseño

En caso de avería del detector de metales en una fábrica, el fabricante probablemente deba decidir entre detener la producción hasta que se pueda programar una visita del técnico de mantenimiento o mantener en funcionamiento la línea de producción, asumiendo, en tal caso, el riesgo de que pase inadvertida una contaminación por metales.

La posibilidad de tener que enfrentarse a este dilema se puede reducir en gran medida eligiendo el sistema de detección de metales más fiable del mercado. Este capítulo ofrece información valiosa sobre algunas de las consideraciones y características de diseño más importantes que se deben tener en cuenta para seleccionar el mejor sistema de detección de metales para un entorno de fabricación en particular.

## 2. Características fundamentales de diseño

- 2.1 Diseño del sistema electrónico del detector
- 2.2 Diseño mecánico del detector
- 2.3 Diseño del sistema transportador
- 2.4 Diseño de sistemas sin cinta transportadora
- 2.5 Diseño del mecanismo de rechazo
- 2.6 Diseño higiénico
- 2.7 Salud y seguridad
- 2.8 Diseño del sistema a prueba de fallos

La selección de un sistema de detección de metales fiable es un proceso importante para minimizar (o incluso eliminar) la incidencia de la contaminación por metales en los productos fabricados en una línea de producción. Sin embargo, a pesar del uso generalizado de detectores de metales, existen pocas directrices que ayuden a los usuarios a evaluar las ventajas de un detector en concreto o a comparar las capacidades de las distintas marcas de equipos.

La deriva, la detección errática, la complejidad de configuración y los falsos rechazos aleatorios son los tipos de fallos de los detectores de metales que pueden tener consecuencias negativas graves en el éxito general de un programa de detección de metales. Obviamente, cuando los detectores de metales son susceptibles de cometer tales fallos, pueden resultar frustrantes para el personal de producción.

No es ninguna sorpresa que, probablemente, estos trabajadores dejen de confiar en un sistema de detección de metales que rechaza un producto del que después se demuestra que es adecuado. Asimismo, a los operadores de producción les resulta igualmente frustrante que un sistema de detección de metales requiera atención constante para mantener los estándares de sensibilidad adecuados.

Por el contrario, un sistema de detección de metales que sea capaz de detectar y rechazar productos de forma uniforme y fiable, sin la frustración que producen los falsos rechazos, se ganará la confianza tanto de los operadores de la línea de producción como de sus responsables. Asimismo, proporcionará una protección duradera óptima para los productos, la marca y el fabricante.

## 2.1 Diseño del sistema electrónico del detector

Los detectores de metales modernos se benefician de una tecnología de procesamiento digital avanzada, lo que significa que pueden ofrecer una amplia gama de funciones con un coste relativamente reducido. No obstante, disponer de un gran número de funciones no contribuye necesariamente a la eficacia global del detector de metales.

El peligro es que los profanos en la detección de metales elaboren una lista de funciones que desean en un detector de metales y que luego realicen comparaciones entre las distintas marcas. En tal caso, pueden llegar a presuponer que la marca con la lista más larga de funciones constituye la mejor elección de detector de metales para sus propósitos.

También es posible que crean que cuanto mayor sea su sensibilidad, mayor será la eficacia de la unidad, y que se basen en tales criterios para evaluar y comparar los distintos sistemas.

Limitarse a juzgar un detector de metales únicamente por su gama de funciones o por sus niveles de sensibilidad no es el enfoque adecuado para elegir un sistema apropiado. Los usuarios con más experiencia saben que, aunque la sensibilidad es importante, tan solo es uno de muchos factores clave que se deben tener en cuenta en el proceso de selección.

### 2.1.1 Estabilidad

La estabilidad es el factor diferenciador de un detector de metales de alta calidad y hace resaltar la diferencia entre la sensibilidad y el rendimiento. En este contexto, el "rendimiento" es una medición de la capacidad del equipo en las condiciones reales de la planta.

Un detector de metales estable funcionará de forma uniforme; es decir, sin falsos rechazos ni detecciones erráticas, y no requerirá ajustes periódicos. La mayoría de las unidades controladas mediante un procesamiento digital exhibirán niveles similares de sensibilidad al probarlas en condiciones de laboratorio. Sin embargo, pueden revelarse de forma patente diferencias importantes entre ellas al usarlas en una línea de producción durante un periodo prolongado.

Un detector inestable, sobre todo si está conectado a un dispositivo de rechazo automático, puede convertirse con rapidez en objeto de críticas por su rendimiento ineficiente.

### 2.1.2 Deriva electrónica

La deriva electrónica es una causa frecuente de inestabilidad, que aparece al cabo de un tiempo como producto de las variaciones de temperatura y el envejecimiento de los componentes electrónicos. Estos factores pueden provocar una modificación de las sensibilidades ("deriva"), lo que puede producir alarmas falsas o señales no deseadas.

La estabilidad de la frecuencia y de la fase de los circuitos electrónicos sintonizados a alta frecuencia de un detector de metales es fundamental para reducir al mínimo la deriva electrónica, y la importancia del grado de estabilidad requerido aumenta a medida que aumenta el nivel de sensibilidad.

Características de diseño tales como el control de frecuencia con cristal de cuarzo, el control automático de la estabilidad de la temperatura y el control automático del equilibrio contribuirán en gran medida a eliminar la deriva, lo que ayudará a garantizar

que se mantengan de forma permanente las sensibilidades del sistema.

### 2.1.3 Repetibilidad

Además de los falsos rechazos, la deriva puede ocasionar con el tiempo que varíe el nivel de detección. No obstante, si el detector es capaz de captar una muestra de comprobación con el mismo resultado cada vez que se usa (a lo largo de un periodo de semanas o meses), inspirará confianza al usuario.

Un detector que demuestre semejantes niveles de fiabilidad también evitará los problemas que implica tener que volver a inspeccionar el producto. Un detector de metales fiable identificará la contaminación metálica y también impedirá que esta pase sin ser detectada a la línea de producción.

### 2.1.4 Facilidad de uso y de configuración

Si el procedimiento de configuración de un detector es complicado o confuso, probablemente no se ajustará de forma correcta. La configuración debe ser un proceso sencillo y, tras la formación inicial, el usuario debería ser capaz de ajustar todos los parámetros sin necesidad de consultar un manual de instrucciones.

En conjunto, un procedimiento de configuración lógico y una interfaz usuario-máquina (HMI) intuitiva evitan tener que memorizar secuencias especiales y, además, estos dos factores también permiten seguir realizando cambios correctamente mucho después de haber recibido la formación inicial.

Existen varias marcas de detectores que anuncian funciones de "configuración automática", pero se debe sopesar la facilidad real de dichas operaciones junto con la precisión y la facilidad de la configuración inicial. Los detectores más modernos pueden incluir representaciones gráficas de las señales de producto complejas, lo que puede facilitar en gran medida la comprensión de los usuarios y el proceso de configuración automática.

Resulta muy ventajoso que un detector de metales pueda ofrecer una configuración automática de un nivel estándar similar al que podría conseguir un usuario experimentado. Si este no es el caso, el rendimiento de la detección podría verse significativamente mermado. Los detectores de metales se pueden configurar con solo una pasada de un único producto, pero una configuración realizada al cabo de muchas pasadas de muchos productos será más representativa de las condiciones de producción reales. Actualmente, las principales marcas de detectores emplean algoritmos de software que ofrecen funciones de configuración automática equivalentes a la configuración de nivel de operador.

Cuanto más parámetros se puedan ajustar, más fácil será que el operador seleccione el parámetro erróneo para un producto dado. Por lo tanto, con el fin de reducir al mínimo el número de configuraciones necesarias para los productos, algunos detectores incluyen funciones que permiten agrupar productos similares y definir una configuración común.

Las ventajas de tales agrupaciones es la facilidad con la que se pueden operar los sistemas y la precisión de la configuración. Los últimos detectores de frecuencia multisimultánea (MSF, Multi-Simultaneous Frequency) han ido un paso más lejos y permiten realizar configuraciones para un solo producto mediante las cuales se puedan inspeccionar productos muy distintos con unos niveles de sensibilidad superiores a las configuraciones convencionales de una, dos o tres frecuencias.

## 2.1.5 Inmunidad a radiofrecuencia y al ruido eléctrico

Si el detector de metales no incluye características de diseño con un elevado nivel de inmunidad a radiofrecuencia y al ruido eléctrico, el sistema será propenso a efectuar disparos falsos que, en última instancia, conllevarán que los empleados de la línea de producción dejen de confiar en el detector y que, además, se pierda tiempo y dinero investigando la causa de los falsos rechazos de productos.

En el entorno de fabricación, hay numerosas fuentes de interferencia por radiofrecuencia como, por ejemplo, las luces fluorescentes, los dispositivos móviles, los variadores (y variadores de frecuencia), etc. Todos estos elementos pueden interferir en el funcionamiento del sistema de detección de metales.

## 2.1.6 Electrónica modular

Algunos detectores de metales incorporan un módulo electrónico universal de sustitución rápida, diseñado para facilitar el reemplazo de un componente que no funcione correctamente u obsoleto por otro de sustitución.

Una de las principales ventajas de semejante módulo es que puede ayudar a reducir los costes de mantenimiento y reducir a la mínima expresión la cantidad de tiempo de producción perdido durante los procedimientos de reparación o mantenimiento.

En las líneas de producción, donde el tiempo de inactividad es inaceptable, es importante usar detectores con un único módulo electrónico diseñado para que el usuario pueda sustituirlo.

## 2.1.7 Comprobación automática y supervisión del estado

Con un énfasis cada vez mayor en mejorar el tiempo de actividad y la eficiencia de la producción (OEE), actualmente muchos fabricantes se centran en reducir el tiempo de inactividad y, al mismo tiempo, tratar de reducir la carga de las comprobaciones programadas.

Los sistemas de detección de metales con funciones de comprobación automática y supervisión continua del estado ofrecen ventajas importantes, ya que advierten con antelación de los posibles fallos del sistema. Con estos sistemas no debe actuarse de forma reactiva, con tareas de mantenimiento y comprobaciones frecuentes, sino de forma preventiva.

A la hora de considerar la utilidad de estas funciones, es importante que se supervisen continuamente los parámetros clave de todo el conjunto de circuitos en funcionamiento real del detector, independientemente de si las señales se procesan de forma secuencial o en paralelo.

También es importante que el sistema alerte automáticamente a los usuarios mediante una advertencia anticipada si se produce un cambio imprevisto. Además, el sistema debe activar una alarma si se produce un cambio inaceptable en los parámetros que se supervisan.

## 2.2 Diseño mecánico del detector

### 2.2.1 Protección ambiental

Un detector de metales debe seleccionarse teniendo en cuenta los requisitos de higiene del producto y el entorno donde va a funcionar. Si el producto es de alto riesgo, el detector de metales deberá estar fabricado de forma que soporte condiciones exigentes, limpiezas a fondo y programas de esterilización periódicos.

En el caso de productores de carne, pollería, lácteos y productos similares, la incapacidad del detector de metales para soportar lavados fuertes y frecuentes es un problema habitual. Lo ideal es que la cubierta de protección sea de una sola pieza y que sus conexiones no estén expuestas. La reparación de un detector de metales en el que ha entrado agua resulta cara y requiere tiempo.

Si se comunican las condiciones al proveedor del sistema de detección de metales antes de la compra, el rendimiento del sistema debería mantenerse intacto cuando el equipo se encuentre en lugares donde podría entrarles agua o vapor.

Si un sistema de detección de metales se va a emplear en un entorno potencialmente explosivo (como, por ejemplo, un molino de harina), el diseño del sistema deberá estar homologado de forma independiente por algún organismo reconocido y acreditado. Además, el fabricante del detector deberá contar con aprobación oficial para la fabricación de tales sistemas.

### 2.2.2 Estabilidad del balance e inmunidad a la vibración

El funcionamiento de la mayoría de los detectores de metales se basa en el principio básico de un sistema de bobinas equilibradas. Por lo tanto, es importante mantener la estabilidad mecánica para conseguir un rendimiento continuado del detector de metales.

Basta con movimientos mínimos de la estructura mecánica (como, por ejemplo, expansiones debidas a la temperatura, impactos mecánicos, vibraciones, etc.) para que se produzca un desequilibrio en el sistema de bobina, lo que a su vez puede ocasionar disparos falsos, derivas o desequilibrios en el detector de metales.

El diseño y la estructura mecánicas son igual de importantes que el diseño y la estructura de los componentes electrónicos para prevenir y compensar tales movimientos y, por lo tanto, solucionar estos problemas.

Los sistemas propensos a la vibración o que requieran un reequilibrado manual con regularidad no son adecuados para una línea de producción automatizada. Un buen diseño electrónico (como el control automático del equilibrio) y un buen diseño mecánico (como las técnicas avanzadas de encapsulado) son de gran ayuda para reducir estas posibles anomalías.

## 2.3 Diseño del sistema transportador

El diseño del sistema de transporte del producto a través del detector debe cumplir ciertos criterios estrictos para no interferir en el detector de ninguna manera.

El transportador de un detector de metales es mucho más que un transportador modificado: tanto el diseño del transportador como el del dispositivo de rechazo son decisivos para la eficacia del programa global de detección de metales.

Si no se incorporan precauciones y técnicas de diseño especiales, el detector de metales puede desestabilizarse debido a las corrientes de eddy de la acumulación de electricidad estática procedente de la cinta transportadora. Estas fuentes de inestabilidad pueden afectar al detector, causando interferencias y reduciendo la sensibilidad.

Los detectores de metales emiten una señal de alta frecuencia que produce corrientes de eddy minúsculas alrededor de la estructura metálica del transportador. Dichas corrientes de eddy no tienen ningún efecto en el detector si permanecen constantes, pero si la estructura del transportador tiene una junta discontinua de resistencia variable (aunque sea en una ubicación alejada del detector), las corrientes de eddy variarán. Esto genera una señal intermitente que el detector puede captar y, de este modo, generar un disparo falso.

Las corrientes parásito suelen producirse a causa de cualquier contacto intermitente de metal con metal como, por ejemplo, los soportes sin aislamiento de los componentes atornillados del transportador, los ejes de las poleas y los cojinetes, los accionamientos de cadenas y sus guardas, los soportes de rechazo y las abrazaderas de las tuberías metálicas.

Para obtener el rendimiento más fiable y optimizarlo, se requieren estructuras completamente soldadas. Dichas estructuras deben incorporar:

- Zonas sin metal adecuadas.
- Rodillos y poleas adecuadamente aislados.
- Estructuras transversales completamente soldadas.
- Soportes del cabezal de detección aislados.

Los materiales de la cinta transportadora no deben contener metal y deben ser de gran calidad, con conexiones adecuadas libres de contaminantes. Debe evitarse el empleo de material antiestático en la cinta.

Si estos problemas no se eliminan de raíz, lo normal es que los falsos rechazos aumenten progresivamente. La solución más sencilla (aunque generalmente inaceptable) consiste en reducir la sensibilidad del detector. Sin embargo, de este modo, se podrían incumplir los estándares de sensibilidad especificados.

En el capítulo 4 se trata más exhaustivamente la eficacia de distintos diseños de transportador, los métodos de transferencia de productos y los tipos de cinta recomendados.

## 2.4 Diseño de sistemas sin cinta transportadora

Al diseño de los sistemas de detección de metales sin sistemas transportadores se le pueden aplicar consideraciones similares. Entre ellos se incluyen sistemas para inspección de polvos secos y productos granulares a granel, aplicaciones de empaquetado en vertical y sistemas de tuberías para líquidos, pastas y fluidos alimenticios.

Si las estructuras de sujeción y los dispositivos de rechazo no se diseñan correctamente, el rendimiento global del sistema de detección de metales se verá afectado negativamente, por lo que se reducirá la eficacia del programa de detección.

## 2.5 Diseño del mecanismo de rechazo

La ineficacia del sistema de rechazo es probablemente el punto más débil de la mayoría de los sistemas de detección y su consecuencia es que los artículos contaminados por metales no se retiran de forma fiable y eficaz de la línea de producción. Un sistema con las especificaciones correctas debe ser a prueba de errores y capaz de rechazar todos los productos contaminados en cualquier circunstancia, independientemente de la frecuencia de aparición y de la ubicación del metal en su interior. (Consulte el capítulo 4 para obtener más información).

## 2.6 Diseño higiénico

Todos los detectores de metales deben diseñarse teniendo en cuenta el entorno donde van a funcionar. También deben estar diseñados para tener en cuenta los programas de limpieza que se puedan encontrar.

Se deben aplicar los principios de diseño higiénico a todos los aspectos del sistema con el objetivo de eliminar los puntos de acumulación de suciedad y garantizar la facilidad de las tareas de limpieza, por lo que las características del diseño deben incluir:

- La eliminación de cavidades/espacios de acumulación de bacterias.
- El sellado de todas las secciones huecas.
- La eliminación de rebordes y superficies horizontales
- El uso de estructuras soldadas continuas de diseño abierto para facilitar el acceso y la limpieza.
- Una gestión higiénica de los cables eléctricos, las canaletas y los servicios neumáticos.

## 2.7 Salud y seguridad

La salud y la seguridad se deben tener muy en cuenta, por lo que el diseño y la fabricación de los sistemas de detección de metales deben recibir la certificación de su conformidad con la normativa legal y los estándares en vigor en el momento de la venta.

Por ejemplo, si el equipo dispone de la marca CE relativa a las normas aplicables de seguridad en la maquinaria, el riesgo de que algún empleado resulte herido será mínimo. Una lesión de un empleado podría derivar en una reclamación costosa por daños personales.

## 2.8 Diseño del sistema a prueba de fallos

Se deben tener en cuenta las consecuencias de que un sistema no funcione conforme a lo previsto como, por ejemplo, cuando un dispositivo de rechazo no retira un producto contaminado o los fallos que se producen en el detector de metales.

Una buena práctica es integrar funciones de diseño a prueba de fallos en el sistema de detección de metales para mitigar los riesgos asociados con un funcionamiento incorrecto del sistema. Por ejemplo:

- Se pueden emplear sistemas de confirmación de rechazo para confirmar que el producto contaminado se ha retirado al contenedor de rechazo.
- Se pueden usar sistemas de supervisión de estado integrado para proporcionar advertencias anticipadas de un cambio en el estado o en las características de rendimiento del detector de metales.

A lo largo de toda esta guía se abordan los muy diversos aspectos de diseño a prueba de fallos que se deben tener en cuenta. A continuación se presenta una lista a modo de guía de referencia rápida para encontrar dicha información.

**Secciones pertinentes: 1.2, 4.1.9, 4.1.10, 4.2, 4.3.1, 4.4.6, 4.5.3, 9.3, 12.2, 12.6.2, 12.10, 13.2, 17.6**



## Factores limitativos de la sensibilidad

Suele haber una confusión y una falta de información generalizadas en lo que atañe a las especificaciones de sensibilidad y a la capacidad de funcionamiento de los detectores de metales. Existen muchos factores que pueden influir en el rendimiento de la sensibilidad y si los datos sobre la sensibilidad deben ser significativos, se debe tener la certeza de que sean correctos y precisos dentro de su ámbito de aplicación. Este capítulo destaca los factores que se deben tener en cuenta para asegurarse de que los sistemas de detección de metales recién adquiridos ofrezcan los niveles adecuados de sensibilidad, pero que también proporcionen un rendimiento adecuado conforme a los requisitos operativos.

## 3

### Factores limitativos de la sensibilidad

- 3.1 Factores limitativos de la sensibilidad
- 3.2 Tipos de metal
- 3.3 Forma del metal y efecto de la orientación
- 3.4 Dimensiones de la abertura y posición del metal en la abertura
- 3.5 Condiciones ambientales
- 3.6 Velocidad de inspección
- 3.7 Inspección de productos secos no conductivos
- 3.8 Información detallada sobre la inspección de productos húmedos
- 3.9 Compensación automática del producto
- 3.10 Supresión de la señal del producto

### 3.1 Factores limitativos de la sensibilidad

En la mayoría de los mercados, la sensibilidad se expresa habitualmente como el diámetro de una esfera de un tipo concreto de metal.

Dicha esfera se debe detectar de forma fiable en el centro de la abertura del detector de metales. Para tal fin, se usan esferas metálicas de precisión porque se encuentran disponibles en el mercado en una amplia gama de metales y diámetros.

Además, su forma es siempre esférica, independientemente de cómo pasen por el detector, lo que quiere decir que el "efecto de la orientación" no les afecta en absoluto. (Consulte la sección 3.3 para obtener información más detallada).

Los fabricantes japoneses de detectores de metales establecen el rendimiento de la sensibilidad operativa mediante esferas y materiales similares, aunque suelen realizar estas mediciones sobre la cinta transportadora, no en el centro de la abertura del detector. Con este tipo de medición, la esfera estará más cerca de las paredes de la abertura, lo que ofrece unos mayores niveles de sensibilidad (de los que se hablará más adelante en este capítulo), por lo que se podrían observar mayores tasas de sensibilidad en comparación con otros métodos distintos, que miden el rendimiento de la sensibilidad en el centro de la abertura o en el peor de los casos.

Por lo tanto, a la hora de comparar el rendimiento de los detectores de metales, es importante asegurarse de que la sensibilidad de las máquinas se haya medido de la misma manera.

Existen muchos factores que influyen en la sensibilidad operativa real con la que puede funcionar de forma fiable un detector de metales. Entre ellos se encuentran:

- El tipo de metal.
- La forma y la orientación del metal.
- El tamaño de la abertura y la posición del metal respecto a ella.
- Las condiciones ambientales.
- La velocidad de inspección.
- Las características del producto y la frecuencia de funcionamiento.

Por estos motivos, se debe adoptar la máxima precaución al comparar detectores de metales únicamente a partir de la información contenida en las especificaciones o en la documentación publicitaria.

Es posible que no se alcancen de forma fiable los valores contenidos en las especificaciones una vez instalado el detector de metales en una aplicación y un entorno de funcionamiento concretos. Es por este motivo por el que la comprobación del rendimiento de la sensibilidad operativa en condiciones de laboratorio controladas no se considera un buen indicador del rendimiento real que se puede conseguir.

Es esencial realizar comprobaciones de productos in situ para determinar la sensibilidad en la línea de producción de un detector de metales. Por lo tanto, se deben efectuar comprobaciones en la línea de producción de la fábrica para garantizar que los valores de rendimiento de la sensibilidad operativa anunciados oficialmente sean repetibles y no exista la posibilidad de que se generen falsos rechazos en aplicación y en el entorno de funcionamiento concretos.

### 3.2 Tipos de metal

Los metales se pueden dividir normalmente en férricos, no férricos o acero inoxidable. La sensibilidad de un detector de metales varía en función del tipo de contaminación metálica presente. La facilidad de la detección depende de la permeabilidad magnética del contaminante metálico (es decir, de la facilidad con que se magnetiza) y de su conductividad eléctrica.

Si la contaminación es por metales férricos, se trata de un buen conductor magnético y eléctrico, por lo que se detectará con facilidad. Los metales no férricos como el latón, el cobre, el bronce fosforoso y el aluminio no son magnéticos, pero son buenos conductores de electricidad. Esto implica que se detectan con relativa facilidad en aplicaciones secas, pero que debido a su naturaleza no magnética, son más difíciles de detectar en aplicaciones húmedas. El acero inoxidable se encuentra en el mercado en muchos grados distintos: algunos son magnéticos y otros, austeníticos (completamente carentes de propiedades magnéticas), y su conductividad es asimismo variable. En la tabla 3a se resumen las características principales de los distintos tipos de metales.

Tipo de metal	Permeabilidad magnética	Conductividad eléctrica	Facilidad de detección
Férrico (acero cromado)	Magnético	Buen conductor de electricidad	Fácilmente detectable <sup>1</sup>
No férrico (latón, plomo y cobre)	No magnético	Generalmente buena o excelente	Detectable con relativa facilidad <sup>2</sup>
Acero inoxidable (varios grados)	Normalmente no magnético	Normalmente malos conductores	Relativamente difícil de detectar

Tabla 3a: características de los distintos tipos de metales

Noías:

<sup>1</sup> Normalmente, son los metales más fáciles de detectar, tanto en las aplicaciones secas como en las húmedas, debido a sus propiedades magnéticas.

<sup>2</sup> Son relativamente fáciles de detectar en las aplicaciones secas, pero son más difíciles de detectar en las húmedas debido a su carencia de propiedades magnéticas.

En el caso de que se especifiquen metales no férricos y aceros inoxidables para la detección, se deberá concretar el tipo, ya que existen numerosos tipos de materiales cuya detectabilidad varía. Por ejemplo, el latón se detecta con mayor facilidad que el bronce fosforoso, aunque ambos son metales no férricos.

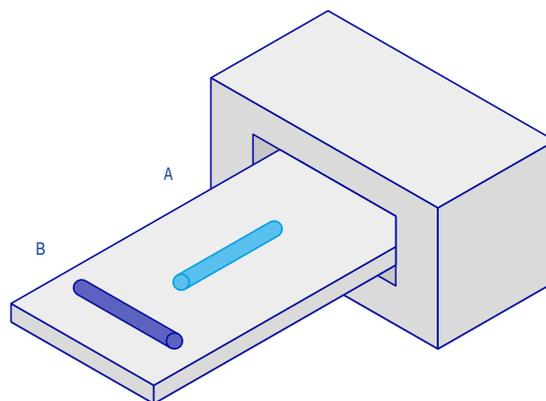
En las industrias alimentaria y farmacéutica, los dos grados de acero inoxidable de grado más usados son el 304 y el 316. Sin embargo, siempre son los grados más difíciles de detectar porque no son magnéticos y presentan una reducida conductividad eléctrica.

### 3.3 Forma del metal y efecto de la orientación

Si una partícula metálica no esférica como, por ejemplo, virutas metálicas (pequeños trozos de metal generados por el funcionamiento de la maquinaria) o alambres, pasa por un detector de metales, se detectará con mayor o menor facilidad en función de su orientación. A esto se le denomina "efecto de la orientación" y es una característica común en otros dispositivos empleados para la detección de contaminantes metálicos, no solamente en los detectores de metales de alta frecuencia.

En la figura 3.1 se muestra cómo varía la capacidad de un detector de metales para identificar contaminantes de alambre, variación que depende del tipo de metal del que esté hecho el alambre, así como de su orientación.

Los contaminantes férricos son fáciles de detectar si están orientados paralelamente a la dirección de paso (A). Sin embargo, resultan mucho más difíciles de detectar que los aceros inoxidables si están orientados a 90° (es decir, en ángulo recto) con respecto a la dirección de paso (B). Con los metales no férricos ocurre exactamente lo contrario, como se puede ver en la figura 3.1.



	A	B
Férrico	Fácil	Difícil
No férrico	Difícil	Fácil
Acero inoxidable	Difícil	Fácil

Figura 3.1

El efecto de la orientación solo es evidente el diámetro del alambre es inferior a la sensibilidad esférica del detector de metales. Por ejemplo, si la sensibilidad del detector se define en un diámetro de 1,5 mm, solamente se apreciará el efecto de la orientación en alambres cuyo diámetro sea inferior a 1,5 mm. Si la sensibilidad del detector se aumenta a 1 mm, solamente presentarán este problema los alambres con un diámetro inferior a 1 mm. Si el diámetro del alambre es de aproximadamente 1/3 del diámetro de la esfera detectable, el alambre no se detectará, independientemente de su longitud.

En la tabla 3b se compara la capacidad del detector para detectar cuatro muestras distintas de alambre con sensibilidades distintas. En la columna izquierda se muestran cuatro sensibilidades distintas.

Por ejemplo, si se usa una sensibilidad para diámetros de 1,5 mm, el alambre de cobre estañado deberá tener una longitud de 9 mm

para ser detectado con certeza. Con una sensibilidad de 2 mm, la longitud deberá aumentar a 26 mm para poder garantizar la detección. Se puede observar que una pequeña variación de la sensibilidad del detector (en términos de diámetro de la esfera) representa una gran diferencia en su sensibilidad con respecto a los trozos de alambre.

Por lo tanto, es evidente que si el alambre se identifica como un posible contaminante, lo mejor es que el detector opere con la máxima sensibilidad posible. No obstante, a medida que aumentan los niveles de sensibilidad, se agravan los problemas de deriva y, en algunos detectores, los falsos rechazos pueden aumentar hasta niveles inaceptables. Por lo tanto, el diseño del sistema de detección de metales se convierte en una cuestión esencial (consulte el capítulo 2 para obtener más información).

Sensibilidad esférica	Clip de papel de acero D.: 0,95 mm (0,037 in)	Alambre de cobre estañado D.: 0,91 mm (0,036 in)	Alambre de cobre D.: 1,37 mm (0,054 in)	Alambre de acero inoxidable: EN58E (304) D.: 1,6 mm (0,063 in)
• 1,2 mm	— 1,5 mm de longitud	— 3,5 mm de longitud		
• 1,5 mm	— 3 mm de longitud	— 9 mm de longitud	— 3 mm de longitud	— 8 mm de longitud
• 2 mm	— 6 mm de longitud	— 26 mm de longitud	— 8 mm de longitud	— 24 mm de longitud
• 2,5 mm	— 11 mm de longitud	— 55 mm de longitud	— 18 mm de longitud	— 64 mm de longitud

Tabla 3b: niveles de sensibilidad de esferas de distinto tamaño y longitudes de alambre diferentes

### 3.4 Dimensiones de la abertura y posición del metal en la abertura

Cuanto más grande sea la abertura del detector, menos sensible será este. Tanto la anchura como la altura de la abertura tienen un efecto en la sensibilidad del detector, pero las diferencias de la altura (o la reducción del tamaño de la abertura) tienen la mayor influencia. En la figura 3.2 se muestra un detector de metales típico. El centro geométrico de la abertura (posición 1) es la parte menos sensible del detector, mientras que las esquinas son las más sensibles (posición 3). Todos los demás son puntos de sensibilidad intermedia (por ejemplo, la posición 2). Este fenómeno se conoce

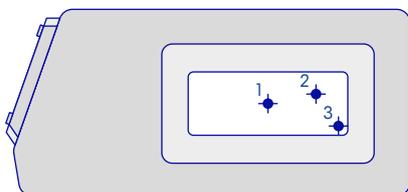


Figura 3.2

como "gradiente de sensibilidad" y dependerá del diseño y montaje del sistema de bobinas.

Normalmente, el tamaño detectable de la esfera en el centro de una abertura rectangular es aproximadamente entre 1,5 y 2 veces mayor que el tamaño de la esfera detectada en las esquinas de la abertura, aunque esto puede variar en función del fabricante y el diseño concreto. La variación de la capacidad de detección se ilustra gráficamente en la figura 3.3. Los detectores con una abertura circular presentarán la máxima sensibilidad junto a las paredes del detector y la menor sensibilidad en el centro geométrico de la abertura.

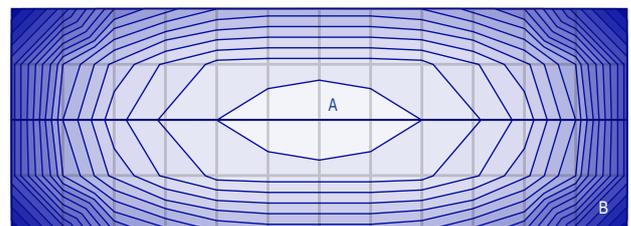


Figura 3.3

### 3.5 Condiciones ambientales

Los detectores de metales se ven afectados en diversa medida por condiciones ambientales adversas, tales como las interferencias eléctricas presentes en el aire, la vibración en la planta y las fluctuaciones de temperatura. Estos efectos se agudizan si se usan con el detector funcionando a alta sensibilidad.

Los hornos, los túneles de congelación y los lavados con agua caliente producen choques térmicos que pueden ocasionar señales de falsos rechazos. A menos que se empleen buenas técnicas de diseño para eliminar este problema, la única solución posible es reducir la sensibilidad del detector. Por lo tanto, no es realista comparar la capacidad de distintos detectores a partir de comprobaciones de laboratorio realizadas en condiciones controladas.

### 3.6 Velocidad de inspección

Las velocidades máxima y mínima de inspección son rara vez un factor limitativo para los detectores de metales, en especial en el caso de aplicaciones con transportador. El límite superior de la inspección varía de un fabricante a otro, pero en última instancia, estará determinado por la altura de la abertura del detector.

Normalmente, el límite máximo será aproximadamente de 4 m/s para una abertura de 125 mm de altura. Se pueden llevar a cabo modificaciones poco importantes si se desea aumentar este valor. El límite de funcionamiento se suele alcanzar al intentar realizar la inspección en tuberías neumáticas a velocidades superiores a los 35 m/s.

La uniformidad de la sensibilidad en todo el rango de velocidad es más importante que la velocidad de inspección máxima y mínima. No obstante, esta no es una característica generalizada de todos los detectores: la figura 3.4 muestra que el detector A mantiene su sensibilidad en un rango muy amplio de velocidades, mientras

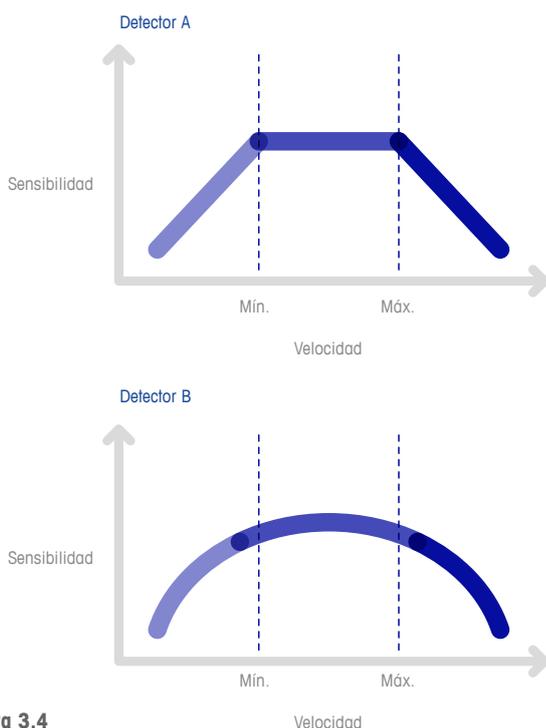


Figura 3.4

que el perfil del detector B denota una mayor dependencia de la velocidad.

### 3.7 Inspección de productos secos no conductivos

Los productos secos, como los dulces y los cereales, son relativamente fáciles de inspeccionar, y se pueden usar gráficas de sensibilidad para calcular el rendimiento operativo previsto. Existen detectores que pueden funcionar a frecuencias sincronizadas altas y ultra altas (normalmente, dentro del rango de los 800 kHz y los 900 kHz), los cuales ofrecen niveles elevados de sensibilidad general y están especialmente indicados para la detección de contaminación por acero inoxidable.

Para la inspección de productos húmedos o conductores como, por ejemplo, la carne fresca, aves, quesos, pescado y productos envasados en láminas metalizadas, la situación es distinta. Los productos húmedos crean por sí mismos una "señal de efecto de producto" en el detector, que debe anularse antes de comenzar la inspección. Se debe tener en cuenta que la señal de efecto de producto tiende a reducir la sensibilidad del detector de una forma que no se puede calcular fácilmente y, en la mayoría de los casos, si se requiere un valor indicativo de la sensibilidad, se deberá realizar una comprobación del producto para aportar una indicación precisa.

#### 3.7.1 Información detallada sobre la inspección de productos secos

Cuando un producto húmedo pasa a través de un detector de metales, muestra una señal que puede ser principalmente reactiva o resistiva en función de las características del producto (consulte la sección 3.8 Información detallada sobre la inspección de productos húmedos). No obstante, si se trata de un producto seco, probablemente no sea ni conductivo ni magnético, por lo que su señal de producto será insignificante. Cualquier señal que pudiera tener estará tan cercana al valor cero (o "ángulo de fase cero") que resultará insignificante. Para explicar lo que queremos decir con esto, usaremos diagramas vectoriales y la figura 3.5. La figura 3.5 muestra la señal (el vector) producida por el producto seco, que está representada por el área sombreada en verde.



Figura 3.5

En función de la vibración de la aplicación y la instalación o de la vibración excesiva, es posible que haya señales que se deban procesar para que la detección de metales sea eficaz. En la figura 3.6, la señal de vibración (el vector) está representada por la flecha de color azul oscuro y se observa que la señal de vibración está alineada con el punto de fase cero a lo largo del eje reactivo. De hecho, la posición de la señal de vibración se establece en este punto de fase cero durante el montaje y la configuración del detector de metales.

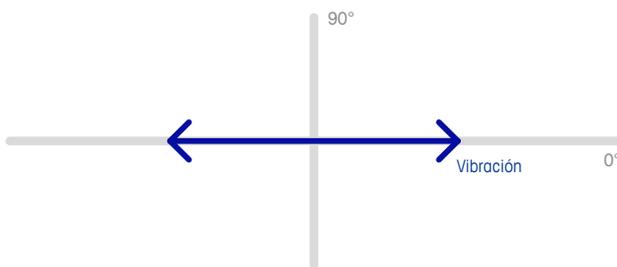


Figura 3.6

Usamos la misma representación vectorial para explicar cómo se generan las señales procedentes de los metales y por qué los metales férricos suelen ser más fáciles de detectar que el acero inoxidable.

Como se ha mencionado anteriormente en este capítulo, los diversos metales que pasan por las bobinas del detector de metales generan dos tipos de señales, a las que se las denomina "reactivas" y "resistivas", en función de la conductividad y la permeabilidad magnética del metal.

Si las partículas metálicas son pequeñas, la señal de los metales férricos (hierro) es principalmente reactiva, mientras que la señal del acero inoxidable es sobre todo resistiva. En la figura 3.7 se muestra un diagrama vectorial de las señales de una serie de metales distintos al pasar a través del detector. Muestran que:

1. Las señales aumentan hasta el valor máximo cuando pasan por la primera bobina.
2. Las señales caen a cero cuando pasan por la bobina central.
3. Las señales vuelven a aumentar hasta el valor máximo al pasar por la tercera bobina.
4. Las señales presentan ángulos de fase variables que están determinados principalmente por el tipo de metal (componentes reactivos y resistivos).

En función de la frecuencia de funcionamiento del detector de metales y el tamaño de abertura usado, las señales procedentes de las partículas de metal férrico serán mayores que las señales procedentes de partículas de metal no férrico o acero inoxidable

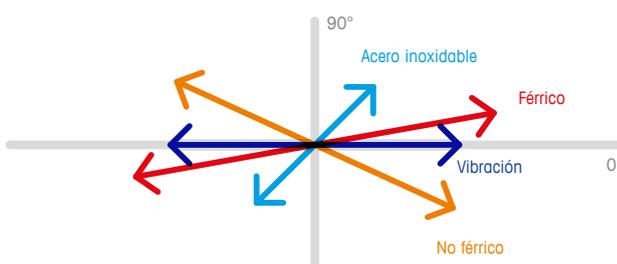


Figura 3.7

del mismo tamaño, y las señales causadas por la vibración siempre se encuentran a lo largo del eje reactivo horizontal.

Para mejorar la capacidad del detector de metales para detectar metales y reducir el impacto de la vibración, se pueden usar circuitos especiales para amplificar las señales en distinta extensión, en función de su fase. Esta técnica se conoce como "detección sensible a la fase" (PSD, Phase Sensitive Detection). Se muestra en la figura 3.8.

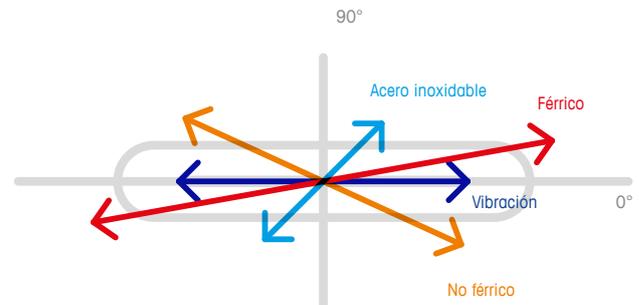


Figura 3.8

La PSD aparece como un óvalo largo y delgado llamado "envolvente de detección" y, para que se detecte la señal, esta debe sobrepasar dicho envolvente de detección. Dado que la envolvente de detección se encuentra en la misma posición en la que se encuentran las señales de vibración, la señal de vibración debe ser intensa para sobrepasar el envolvente y ser detectada. En comparación, para detectar las señales de metales férricos, no férricos y acero inoxidable, basta con que estas sean pequeñas. Estas son las condiciones de funcionamiento más satisfactorias.

En general, conseguir sensibilidades elevadas para la inspección de productos secos es una tarea relativamente sencilla. Si se sintonizan frecuencias altas o ultra altas y el detector presenta empleado una abertura con el tamaño adecuado para el producto que se desea inspeccionar, los niveles de sensibilidad alcanzables serán excelentes, especialmente con respecto a los niveles de detección de acero inoxidable.

La tabla 3c muestra el nivel de sensibilidad típico para la inspección de productos secos cuando se usa una tecnología de sintonización a frecuencias altas y ultra altas.

Tamaño de la abertura	Metal férrico	Metal no férrico (latón, cobre y aluminio)	Acero inoxidable de grado 316 no magnético
350 x 50 mm	0,50 mm	0,40 mm	0,60 mm
350 mm x 125 mm	0,70 mm	0,70 mm	0,90 mm
350 mm x 200 mm	0,85 mm	0,95 mm	1,10 mm

Tabla 3c: niveles de sensibilidad típicos para la inspección de productos secos cuando se usa la detección sintonizada o a frecuencias ultra altas

En la figura 3.9 se puede observar que tanto la señal de vibración (la flecha de color azul oscuro) y la del producto (el vector verde) se encuentran dentro de la envoltura de detección y, por lo tanto, no se detectan. Sin embargo, todas las señales de metal aparecen fuera de los límites de la envoltura de detección y, por lo tanto, el detector de metales las capta. El tamaño real detectable depende principalmente del tamaño, el diseño y la frecuencia de funcionamiento del detector de metales, así como de su capacidad para funcionar en el entorno previsto.

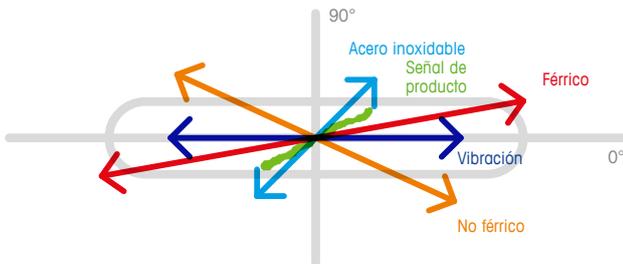


Figura 3.9

### 3.8 Información detallada sobre la inspección de productos húmedos

Como se ha comentado en la sección anterior, cuando un producto húmedo (o conductor) pasa por un detector de metales, presenta una señal que puede ser principalmente reactiva o resistiva. En función del producto en cuestión, dicha señal puede ser grande y compleja. Consulte la figura 3.10.



Figura 3.10

Para detectar correctamente el metal, el detector de metales debe ignorar esta señal y, al mismo tiempo, ser capaz de detectar las partículas de contaminación metálica más pequeñas posibles y funcionar en el entorno de producción de fábrica previsto (es decir, ser inmune a los efectos de factores limitativos externos como, por ejemplo, la vibración de la planta).

La figura 3.11 muestra un detector de metales configurado para inspeccionar un producto seco (la PSD se establece en el punto de fase cero), pero con la señal que presenta un producto húmedo, que se encuentra claramente fuera de los confines de la envoltura de detección, por lo que el detector de metales generará un falso disparo inaceptable.

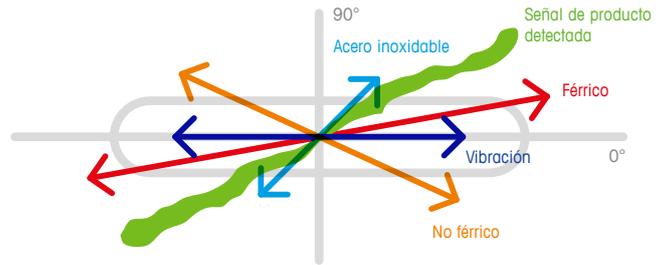


Figura 3.11

Si se reduce la sensibilidad operativa del detector, todas las señales se harán más pequeñas, hasta que la señal del producto ya no sobrepase la envoltura, lo que posibilitará la inspección. Para aplicaciones en las que el efecto de producto sea reducido esta es la opción más corriente. No obstante, es evidente que reducir la sensibilidad alterará el rendimiento operativo del detector de metales en mayor o menor medida.

En la figura 3.12 se muestra una solución alternativa. La envoltura de detección se puede girar electrónicamente, hasta alinearla con la señal del producto. Esta técnica se conoce como "compensación del producto" o "filtrado por fase" y la puede realizar el propio usuario durante la configuración del detector de metales. La señal del producto ya no sobrepasa el límite de la envoltura, de forma que se puede volver a realizar una inspección normal.

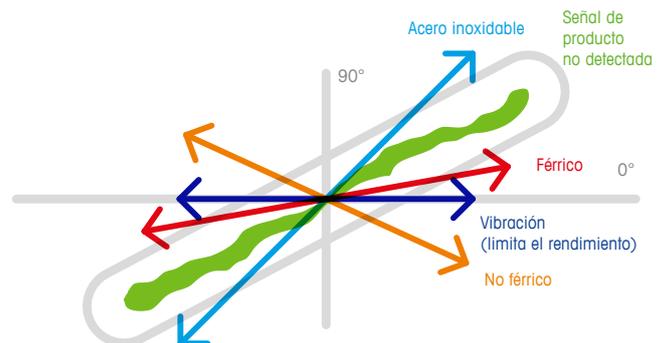


Figura 3.12

Sin embargo, el uso de la compensación del producto tiene ciertos inconvenientes. Es habitual que la señal generada por el producto tenga un ángulo de fase similar a la que genera el acero inoxidable, ya que se alinean entre sí muy estrechamente. Para que se detecte el acero inoxidable, la señal del metal debe ser superior a la del producto. A su vez, esto implica que se requieren señales relativamente grandes de acero inoxidable si estas deben sobrepasar la envoltura. Esto provoca que la sensibilidad del detector a estos tipos de metales se reduzca. Al mismo tiempo, es posible que las señales pequeñas procedentes de vibraciones sobrepasen la envoltura y se detecten. Esta sensibilidad no deseada a las vibraciones es, con frecuencia, un factor que limita la inspección con compensación de producto.

A menudo, se debe reducir la sensibilidad operativa y, al mismo tiempo, usar la compensación del producto para garantizar la consecución de una detección de metales eficaz y fiable.

La fase exacta de cada producto no se puede calcular a partir de datos basados en los niveles de humedad del contenido salino o el pH, lo que a su vez implica que no se pueden calcular las sensibilidades del detector. Es fundamental realizar comprobaciones de productos para determinar la sensibilidad del detector a una serie de metales cuando existe un efecto de producto de cierta importancia. Este es un servicio que los fabricantes de detectores de metales suelen ofrecer.

### 3.9 Compensación automática del producto

Se requiere mucha experiencia para ajustar de forma precisa la fase del producto si se desea conseguir un rendimiento óptimo. Si se van a inspeccionar productos o tamaños de envase distintos en la misma línea de producción, ajustar el detector para cada nuevo producto puede requerir demasiado tiempo.

La mayoría de los detectores modernos disponen de una función de configuración o aprendizaje automáticos para configurar los ajustes del producto durante la fase de preparación de la inspección. Estos programas abarcan desde un nivel básico, en el que la fase de la envolvente de detección está predefinida, hasta un programa de un nivel mucho más avanzado que configura la sensibilidad y la frecuencia. Se las conoce como "máquinas de varias frecuencias".

Los programas de configuración automática suelen seguir un proceso que consiste en solicitar que se pase un paquete o un número reducido de paquetes de forma individual por la abertura dentro de unas limitaciones temporales especificadas. En general, estos programas funcionan correctamente, aunque en algunos casos se requiere un ajuste manual adicional tras la configuración para que tengan en cuenta las variaciones del efecto de producto, lo que es habitual en las aplicaciones con productos húmedos. En la actualidad, los detectores más sofisticados del mercado disponen de programas inteligentes que tienen en cuenta las variaciones del efecto de producto durante la configuración, de forma que el resultado sea una configuración más optimizada y sin defectos. Esto se consigue haciendo que el detector permita que se pase una mayor cantidad de producto durante la configuración y configurando la envolvente de detección de una forma más eficiente y compleja para que tenga en cuenta la variación de productos.

No obstante, la sensibilidad alcanzable resultante dependerá principalmente de la señal del producto, por lo que es probable que los resultados reales sean un poco distintos de los obtenidos al inspeccionar productos secos (consulte la tabla 3d).

Tamaño de la abertura	Metal férrico	Metal no férrico (latón, cobre y aluminio)	Acero inoxidable de grado 316 no magnético
350 mm x 50 mm	0,8-1,2	1,0-1,5	1,5-2,0
350 mm x 125 mm	1,2-1,8	1,8-2,5	2,0-3,0
350 mm x 200 mm	1,5-2,2	2,2-3,0	2,5-4,0

Tabla 3d: niveles de sensibilidad típicos cuando se usa la detección de varias frecuencias

### 3.10 Supresión de la señal del producto

Recientemente, se ha desarrollado una nueva técnica que gestiona de una forma más eficaz la señal generada por el producto. En lugar de limitarse a enmascarar la señal, lo que realmente trata de conseguir esta nueva técnica es eliminar o reducir la señal del producto y, con ello, mejora considerablemente la sensibilidad alcanzable en la línea.

Dicha nueva técnica, denominada "supresión de la señal del producto", usa algoritmos de software avanzados para reducir el tamaño de la señal de producto activa (figura 3.13) modificando la señal del producto en lugar de simplemente enmascararla. Para tal fin, el detector de metales funciona con al menos 2 frecuencias activas simultáneamente. Los detectores de este tipo usan tecnología de frecuencia multisimultánea (MSF). Al usar simultáneamente los datos de señal de producto derivados de más de una frecuencia activa, estos nuevos detectores de metales MSF emplean diversas combinaciones de frecuencias altas y bajas simultáneamente.

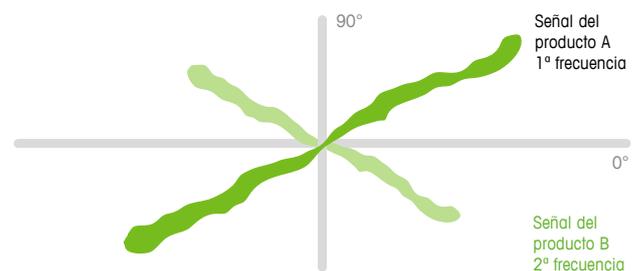


Figura 3.13

Dado que la señal de producto resultante (figura 3.14) se reduce considerablemente, ahora se pueden detectar partículas metálicas mucho más pequeñas con una sensibilidad en línea más próxima a la alcanzada al inspeccionar productos secos (figuras 3.13, 3.14, 3.15 y tabla 3e).

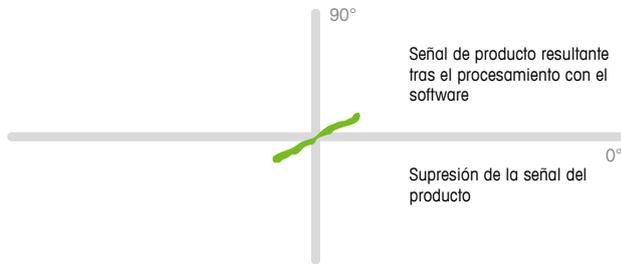


Figura 3.14

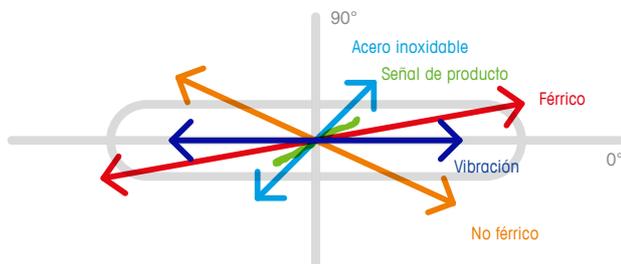


Figura 3.15

Esta tecnología también gestiona de forma eficaz otras variaciones de productos que tradicionalmente han sido causa de un alto índice de falsos rechazos o el motivo para reducir la sensibilidad operativa de los detectores de metales. Una vez configurado el detector para inspeccionar un producto en concreto, se aplica la tecnología de supresión de la señal del producto a todos y cada uno de los productos que pasen por el detector.

El sistema electrónico integrado en el detector se ajusta automáticamente a las variaciones leves en el efecto de producto, por lo que se reduce drásticamente la incidencia de falsos rechazos.

En la tabla 3e se enumeran las sensibilidades típicas cuando se usa la tecnología de frecuencia multisimultánea junto con software de supresión de la señal del producto. Los resultados son alcanzables cuando se inspeccionan productos húmedos o frescos como, por ejemplo, carne, aves, pescado, quesos y productos descongelados o semicongelados, además de productos envasados en láminas metalizadas.

Tamaño de la abertura	Metal férrico	Metal no férrico (latón, cobre y aluminio)	Acero inoxidable de grado 316 no magnético
350 mm x 50 mm	0,6-0,8 mm	0,8-1 mm	1-1,2 mm
350 mm x 125 mm	1-1,2 mm	1,0-1,5 mm	1,2-1,8 mm
350 mm x 200 mm	1,2-1,5 mm	1,2-1,5 mm	2,0-2,5 mm

Tabla 3e: niveles de sensibilidad típicos cuando se usa la detección de frecuencia multisimultánea y la supresión de la señal del producto

# Diseño de los sistemas y aplicaciones

Tras haber explicado las características definitorias de los sistemas de detección de metales fiables en el capítulo anterior, es importante saber:

- Cuáles son los distintos tipos de sistemas de detección de metales disponibles.
- Dónde se pueden instalar los detectores de metales.
- Cómo se pueden especificar correctamente los detectores de metales con respecto a la aplicación, las buenas prácticas y los códigos de conducta aceptados. El tiempo que se invierta en especificar correctamente el sistema de detección de metales se verá recompensado, ya que no será necesario realizar modificaciones significativas después de la instalación. Además, una especificación adecuada también garantiza que las comprobaciones de verificación resulten sencillas.

## 4

## Diseño de los sistemas y aplicaciones

- 4.1 Sistemas transportadores
- 4.2 Cumplimiento de los requisitos de los comerciantes y de la industria alimentaria
- 4.3 Inspección de líquidos, fluidos alimenticios y pastas en una tubería
- 4.4 Inspección de metales en sistemas de garganta para polvos y sólidos fluyentes a granel
- 4.5 Aplicaciones de envasado en vertical

En este capítulo se facilita orientación práctica sobre la selección del equipo y, además, se explica en qué modo la adopción de técnicas de trabajo óptimas y las funciones a prueba de fallos pueden reducir aún más la probabilidad de que los productos contaminados lleguen al consumidor.

### 4.1 Sistemas transportadores

#### 4.1.1 Tipos de cinta

A la hora de seleccionar el material adecuado para la cinta transportadora se deben tener en cuenta una serie de factores. Pueden acumularse cargas estáticas, especialmente cuando las cintas transportadoras se desplazan sobre placas de plástico o rodillos y poleas revestidos de este material.

Los materiales antiestáticos especiales de la cinta transportadora pueden causar problemas, ya que pueden estar hechos con compuestos de carbono de relleno o aditivos conductores, que afectan negativamente al rendimiento del detector de metales, en especial cuando las uniones de la cinta transportadora pasan por la abertura.

En cualquier tipo de cinta, las uniones deben carecer de elementos metálicos y estar fabricadas de tal forma que se evite la acumulación de producto, de grasa o de residuos del producto. El efecto negativo mencionado se minimiza si la unión está

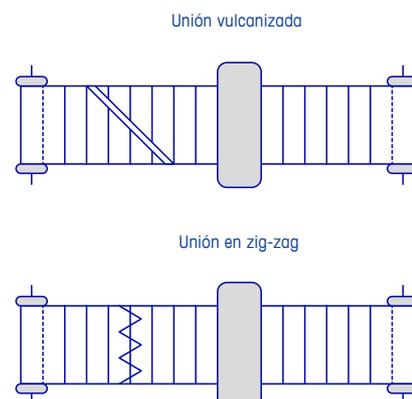


Figura 4.1

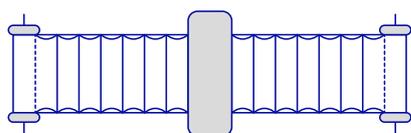
vulcanizada o pegada a 45° o con una unión de enclavamiento en zigzag (figura 4.1). No son apropiados los pasadores metálicos ni las uniones cosidas ni atadas.

El propio material de la cinta debe carecer de elementos metálicos, ya que las diminutas partículas metálicas del material son extremadamente difíciles de encontrar si se desprenden. Seguramente, los propios fabricantes que producen cintas transportadoras sin metal de alta calidad deban usar también un equipo de detección de metales para inspeccionar tanto las materias primas como los productos acabados.

Hay disponible una amplia variedad de tipos de cinta transportadora para la mayoría de las aplicaciones. Entre ellos, se encuentran:

- Las cintas transportadoras lisas, cóncavas, acanaladas y de reborde flexible moldeado.
- Las cintas transportadoras robustas, articuladas y modulares de plástico y las de uretano de sección circular (redonda) que se deslizan sobre rodillos acanalados. Estos tipos de cinta son ideales para los casos en que se puede derramar el producto y cuando se requieren lavados frecuentes (figura 4.2).
- Las cintas transportadoras sin fin de "doble paso" (figura 4.3), que ofrecen una serie de ventajas en muchas aplicaciones como, por ejemplo, que se sustituyen con rapidez. Sin embargo, dado que la cara superior de la cinta pasa sobre uno de los rodillos, no se consideran apropiadas para el transporte de productos húmedos ni pegajosos.

Cinta con paredes laterales



Bandas de uretano de sección redonda

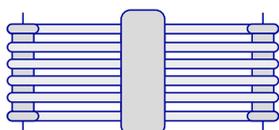


Figura 4.2

Cinta sin fin de doble paso

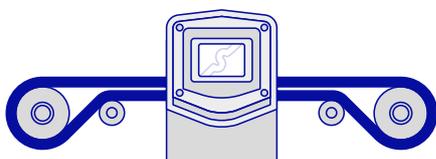


Figura 4.3

## 4.1.2 Transferencia de productos

Los productos envasados deben transportarse por el detector de metales con una orientación constante y centrados respecto a la abertura del detector. La separación mínima ideal es la longitud del paquete del producto.

La transferencia al sistema transportador del detector merece especial atención si los rodillos extremos son grandes o el producto es pequeño. Si la distancia (D) entre los rodillos es mayor que la mitad de la longitud del producto, la transferencia no se podrá realizar de forma fiable. Normalmente, colocar un rodillo loco intermedio o una placa fija entre los dos rodillos de conexión resulta eficaz para garantizar una separación adecuada (figura 4.4).

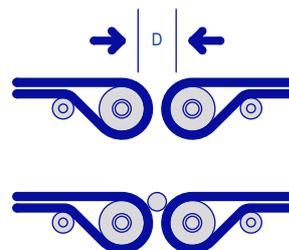


Figura 4.4

Rodillo loco

Los bordes afilados sencillos o dobles permiten efectuar la transferencia de artículos muy pequeños cuando se debe mantener el registro del producto, como en el caso de las filas de dulces a la salida de una "bañadora" (una máquina que recubre los dulces de chocolate) (figura 4.5).

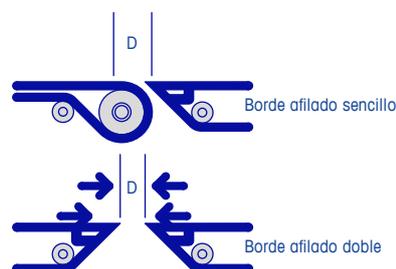
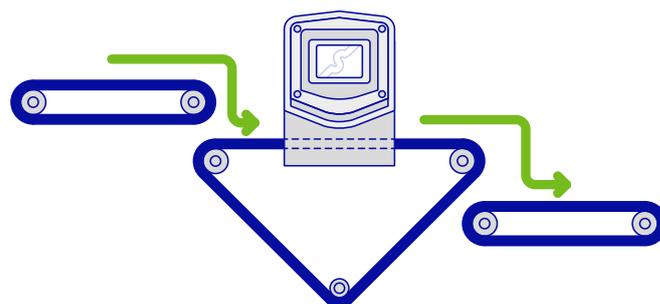


Figura 4.5

Los productos pegajosos (como las masas crudas o la carne) y los productos sueltos a granel (como los cacahuetes sueltos) se pueden transferir en cascada. Para que la sensibilidad operativa sea la ideal y no se produzcan falsos rechazos, es importante que el producto se presente de forma homogénea y no en grandes montones (figura 4.6).



Inspección en cascada

Figura 4.6

En el caso de la inspección de tarros y botellas, el sistema de detección se puede situar a un lado de un transportador existente. Se pueden usar guías de productos para desviar los envases de la línea de producción al sistema de detección y, posteriormente, devolver los productos aceptados a la línea principal. Si se detecta contaminación en algún producto, los desviadores de productos se pueden mover mediante un sistema neumático para posibilitar la retirada del artículo en cuestión de la línea (figura 4.7).

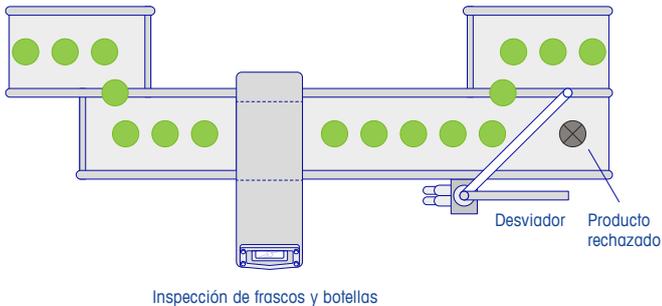


Figura 4.7

### 4.1.3 Velocidad de transferencia

Para facilitar la identificación de los artículos contaminados, a menudo resulta útil acelerar el paso del producto por el detector para aumentar la separación de los productos.

Si los artículos pasan muy juntos, puede que el detector no sea capaz de determinar cuál de ellos está contaminado, por lo que puede que haya que rechazar dos o tres artículos para asegurarse de que se retira el adecuado. Al aumentar la velocidad del transportador del detector, se incrementa la separación de los productos, lo cual permite identificar cada artículo individualmente y rechazarlo si procede.

Cuando se inspeccionan productos sueltos o a granel, se puede reducir su altura acelerando la velocidad a la que pasa cuando se transfiere del transportador de la línea de producción al del detector de metales. Así, se reduce al mínimo el volumen de producto rechazado y se puede usar una abertura del detector más baja para aumentar la sensibilidad (figura 4.8).

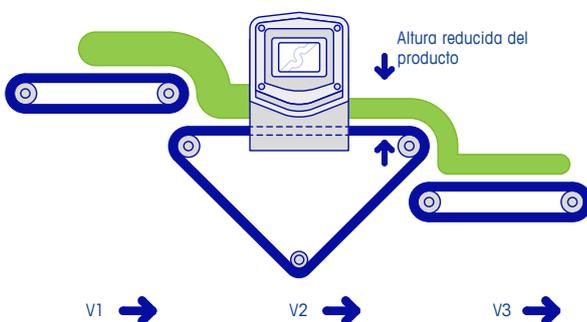


Figura 4.8

Cuando se instala el sistema en una línea de producción que funciona a varias velocidades, no siempre es necesario que el sistema de detección también lo haga. Normalmente, el coste y la complejidad adicionales de semejante proceso se pueden evitar corrigiendo el sistema de detección para que funcione a la velocidad máxima normal de la línea.

### 4.1.4 Sistemas de rechazo automáticos

La opción más apropiada para el sistema de rechazo depende de diversos factores, por lo que se debe solicitar siempre el consejo del fabricante del detector. No obstante, a continuación se exponen algunos de los tipos más corrientes y sus aplicaciones generales:

#### Chorro de aire

Un chorro de aire empuja el producto hacia el depósito de productos rechazados (figura 4.9).

Este tipo de sistema de rechazo es perfecto para los productos ligeros e individuales, que se transportan en hilera sobre una cinta estrecha. Se recomienda el uso de un "temporizador con puerta" en combinación con el chorro de aire para garantizar que este se dirija exactamente al centro del producto, independientemente de la ubicación del contaminante (consulte la sección 4.1.8 para obtener información más detallada).

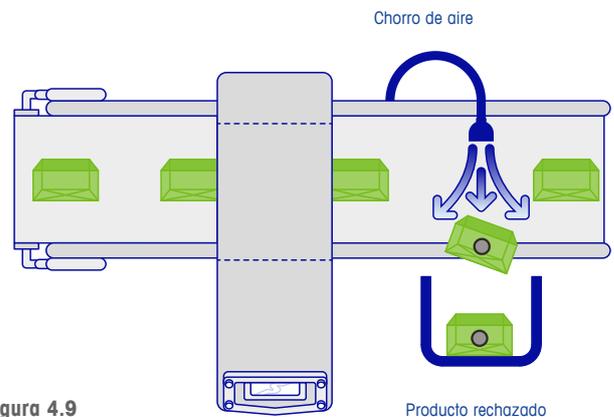


Figura 4.9

#### Golpeador/empujador

Este dispositivo de alta velocidad empuja un producto individual hacia el depósito de productos rechazados (figura 4.10). Es compatible con velocidades altas de la cinta, pero cuando los artículos pasan muy juntos, el periodo de retracción debe ser extremadamente rápido.

Este tipo de sistema de rechazo es adecuado para artículos individuales de peso entre ligero y medio, espaciados y orientados uniformemente sobre una cinta estrecha. El golpeador/empujador debe disponer siempre de "temporización con puerta" para garantizar que el golpe se produzca siempre en el centro del artículo, independientemente de la ubicación del contaminante.

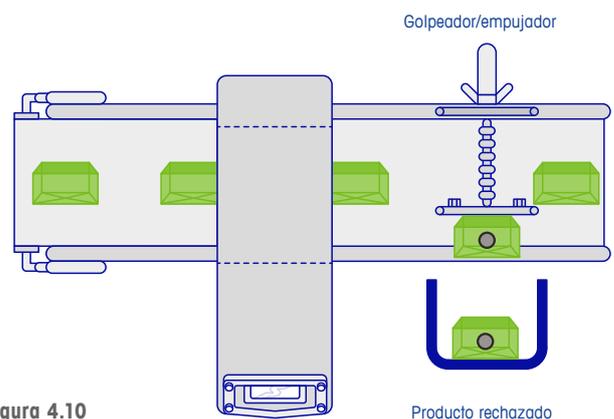


Figura 4.10

Este tipo de sistema de rechazo no es apto para productos sueltos ni frágiles.

### Brazo de barrido o desviador

Consiste en un brazo que se mueve en ángulo sobre la cinta para desviar los artículos (figura 4.11).

Este tipo de sistema de rechazo es adecuado para productos de peso medio a ligero, individuales o colocados al azar sin orientación marcada sobre una cinta estrecha, normalmente de hasta 350 mm de ancho. Se debe tener precaución de que el producto entre correctamente en el contenedor de rechazo, ya que normalmente lo hará en diagonal.

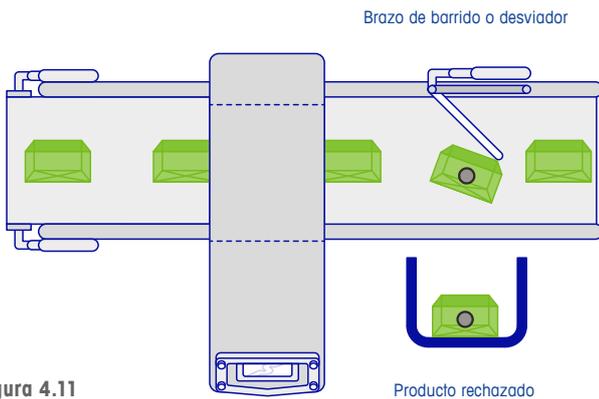


Figura 4.11

### Compuerta final o sumidero

Este tipo de sistema de rechazo requiere que exista una bajada en la altura de la línea de producción (figura 4.12) que, si es preciso, se puede conseguir inclinando el transportador. El punto de pivotaje variará en función de la aplicación.

Este tipo de sistema de rechazo es adecuado para artículos individuales pequeños colocados sin orden o para productos sueltos a granel (secos o pegajosos) sobre una cinta transportadora ancha e inclinada, lisa o cóncava.

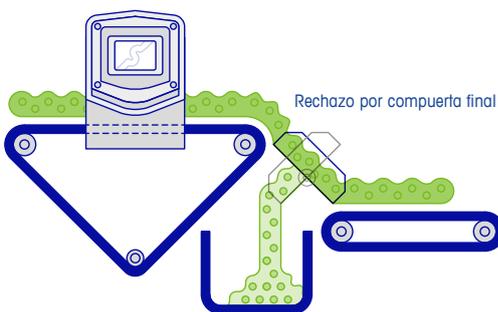


Figura 4.12

### Cinta retráctil

El rodillo final se retrae para dejar un hueco en el flujo, lo que permite que el producto caiga por él (figura 4.13). Una vez rechazado el producto, el rodillo vuelve a la posición de cierre a una velocidad superior a la de la cinta, de forma que no quede ningún producto atrapado. Los rodillos finales se pueden fabricar con un borde afilado para facilitar la transferencia de artículos pequeños.

Este tipo de sistema de rechazo es muy fiable para la mayor parte de las aplicaciones. Este mecanismo de cinta retráctil se recomienda en los casos en los que en la línea de producción pasan varios artículos que ocupan todo el ancho del transportador.

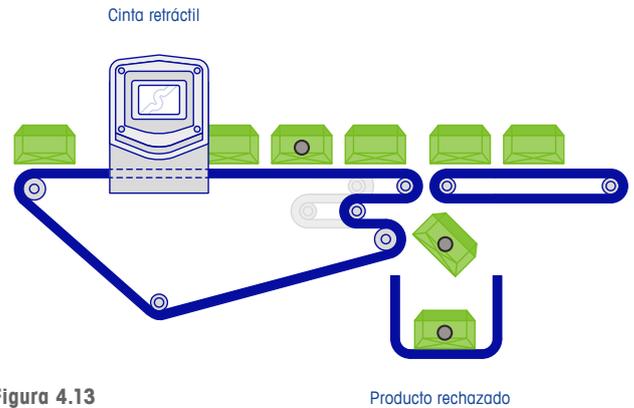


Figura 4.13

### Cinta con inversión de sentido

Existen dos tipos disponibles (figuras 4.14 y 4.15). Cuando se detecta metal, o el transportador del sistema de inspección, o bien el transportador de salida del producto invierten el sentido de funcionamiento durante un corto periodo para desviar el producto contaminado hacia un contenedor de rechazos.

Este tipo de sistema de rechazo es perfecto para productos sueltos a granel, tanto secos como pegajosos, y para artículos individuales colocados al azar.

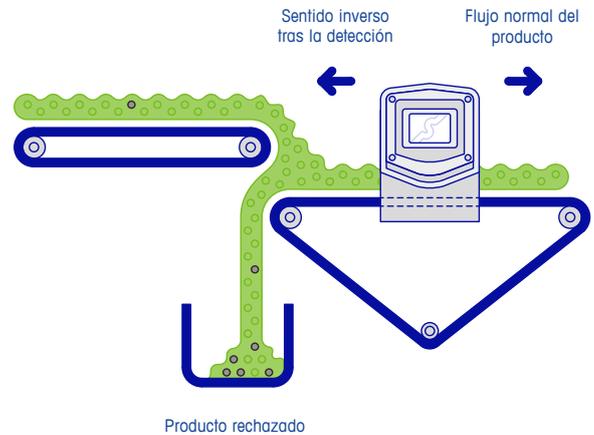


Figura 4.14

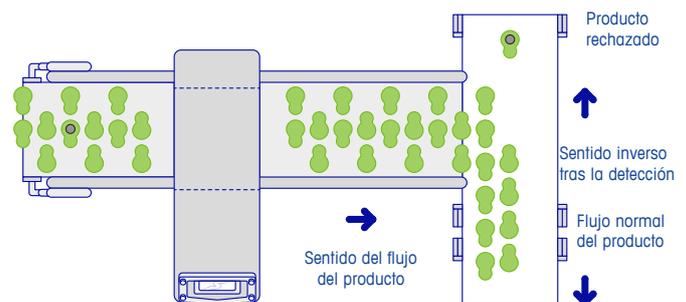


Figura 4.15

### 4.1.5 Sistemas de alarma de parada

La mayoría de los fabricantes y los comerciantes más importantes solo considerarían aceptable un sencillo sistema de alarma de parada en aquellos casos en los que el uso de un sistema automático de rechazo no fuera posible ni práctico. Normalmente, se emplean para la inspección de sacos o cajas grandes, que resultan difíciles de rechazar de forma automática.

Cuando se detecta metal, el transportador debe parar inmediatamente y retirar todos los productos que se encuentren sobre la cinta para someterlos a una inspección. El sistema debe incluir una alarma sonora o visual. El sistema solamente se debería poder volver a iniciar mediante una llave que estará en posesión de una persona autorizada. Otra opción sería que dispusiera de un mecanismo de restablecimiento controlado.

Estas soluciones se consideran normalmente de alto riesgo, pues dependen directamente de los conocimientos del operador de la línea.

### 4.1.6 Aplicaciones con lámina metalizada

Para poder detectar contaminantes metálicos adecuadamente en un producto envasado con láminas metalizadas, se debe eliminar la señal generada por el fino revestimiento de aluminio de la lámina de plástico según lo explicado en la sección 18.2.6.

Es preferible que haya un espacio ente el producto y la abertura de aproximadamente 50-60 mm por todos lados, de forma que se puedan alcanzar unos niveles de sensibilidad extremadamente altos.

### 4.1.7 Aplicaciones con laminado de aluminio

Si el material de envasado incluye lámina de aluminio, se pueden realizar comprobaciones de contaminación por metales antes del envasado mediante un sistema de detección de metales de bobinas equilibradas. Otra opción es usar tras el envasado un detector de metales férricos a través del aluminio. Sin embargo, dado que con una unidad de detección de metales férricos a través del aluminio no se puede detectar el acero inoxidable ni los metales no férricos, esta última opción se recomienda únicamente cuando no existe otra alternativa.

### 4.1.8 Temporización de rechazo

Normalmente, tiene que haber un intervalo de tiempo entre el momento de la detección y el del rechazo, de forma que se pueda desplazar el artículo contaminado por metales hasta el punto de rechazo.

Este intervalo puede durar apenas fracciones de segundo en las aplicaciones de alta velocidad, en las que el detector y el dispositivo de rechazo se encuentran muy juntos. En contraste, dicho intervalo puede ser de hasta 30 segundos cuando el rechazo se planifica (de forma manual o automática) en un punto alejado.

Se requiere asimismo un segundo temporizador independiente para controlar la duración del periodo durante el cual funciona el dispositivo de rechazo. Esta temporización es regulable

normalmente y puede oscilar entre 0,5 y 10 segundos. Los sistemas de rechazo con golpeador/empujador son los que requerirán un periodo más breve; mientras que los sistemas de cinta retráctil normalmente requerirán varios segundos para retirar artículos de mayor tamaño de una cinta que se mueve con lentitud. Ambos temporizadores suelen estar disponibles como características estándar que ofrece el fabricante del sistema de detección.

Es importante que los temporizadores se puedan restablecer inmediatamente y que el detector se mantenga en funcionamiento mientras se cuenta el tiempo. El detector también debe ser capaz de detectar una segunda partícula contaminante en el siguiente artículo y, seguidamente, restablecer o ampliar el temporizador para garantizar que también se rechace el segundo artículo. Si las partículas metálicas fluyen continuamente, el dispositivo de rechazo debe funcionar de forma continuada hasta que se retiren todos los productos contaminados por metales.

### Aplicaciones de velocidad variable y con paradas/ arranques

Rechazar y temporizar de forma precisa se vuelve más complicado si el transportador funciona con velocidades variables o si se puede parar mientras haya productos entre el detector y el sistema de rechazo. El tiempo que tarde el producto en desplazarse hasta la posición de rechazo no es constante, por lo que no se puede usar un sistema sencillo de retardo.

La solución normal es usar un codificador de velocidades que pueda supervisar el movimiento de la cinta y la posición del producto sobre esta. Un registro de desplazamiento es un dispositivo que emite una señal de salida cuando recibe un número predeterminado de impulsos de entrada. No importa si estos impulsos los recibe rápidamente o de forma espaciada a lo largo de un periodo prolongado.

Los impulsos de entrada los produce un codificador acoplado al eje de uno de los rodillos del sistema transportador. Normalmente, el generador de impulsos consta de un disco metálico con dientes u orificios. Cada vez que uno de los dientes pasa por delante de un dispositivo fotoeléctrico o cerca del sensor de proximidad, se genera un impulso. En el ejemplo (figura 4.16) cada revolución completa del disco genera 15 impulsos.

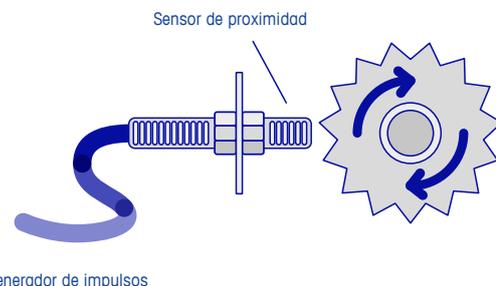


Figura 4.16

Cuanto mayor sea el número de dientes, más impulsos por revolución generará, lo que en última instancia hace que el registro del producto sea más preciso.

El registro de desplazamiento almacena las señales de las partículas metálicas múltiples o consecutivas y las reproduce en secuencia, con lo que garantiza que se rechacen adecuadamente.

### 4.1.9 Sincronización por fotodetección

En la figura 4.17 se muestra un sistema de rechazo típico sin fotodetección, con el temporizador ajustado de tal forma que rechace con precisión una partícula metálica con un tamaño y de un tipo conocidos situada en el centro del artículo. Si la partícula contaminante se localiza en la parte delantera o trasera y con un tamaño o de un tipo distintos, puede que el rechazo funcione demasiado pronto o demasiado tarde respectivamente, con la posibilidad de que pase por alto el artículo o perturbe la marcha de los artículos adyacentes y cause un atasco en la línea (figuras 4.18 y 4.19).

Si se usa un sistema por chorro de aire o un brazo desviador, una posible solución es regular los temporizadores para que comenzasen a funcionar antes y durante un periodo prolongado. No obstante, esta solución podría ocasionar el rechazo de varios artículos válidos, así como que girara otros o perturbara la marca de otros.

Sistema de rechazo de golpeador sin fotodetección.

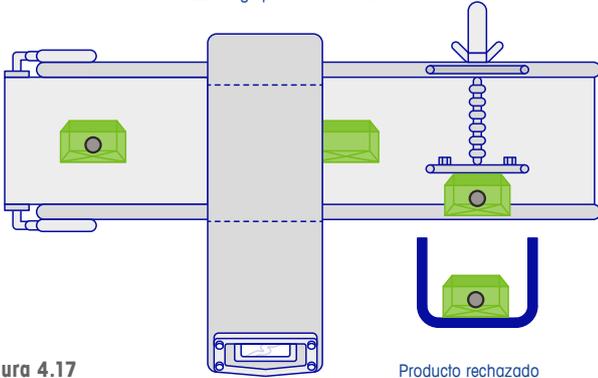


Figura 4.17

El golpeador de rechazo se acciona demasiado tarde.

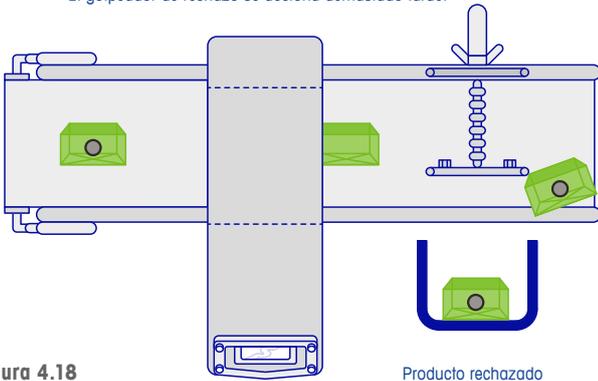


Figura 4.18

El golpeador de rechazo se acciona demasiado pronto.

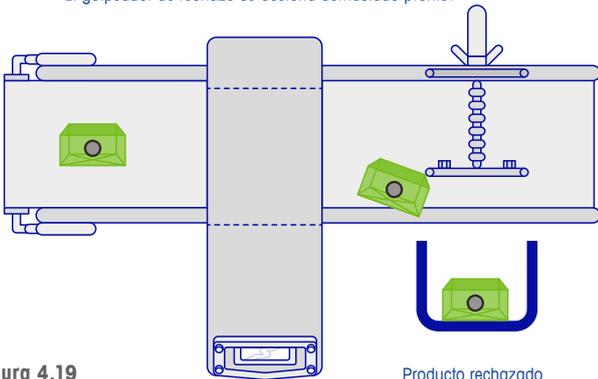


Figura 4.19

Cuando se usa un sistema de rechazo de golpeador/empujador (o de chorro de aire), la mejor solución consiste en supervisar de forma precisa la posición del artículo y accionar el dispositivo de rechazo cuando el artículo alcance la posición justa. Esta técnica se conoce como "fotodetección" y garantiza que el rechazo se efectúe de forma precisa, independientemente del tipo de metal, su tamaño y su ubicación en el artículo.

### 4.1.10 Problemas típicos de rechazo y diseño a prueba de fallos

Un sistema de rechazo ineficaz es probablemente el eslabón más débil en la mayor parte de los sistemas de detección, ya que pueden provocar que la contaminación por metales no se elimine de la línea de producción de forma fiable ni eficaz. Un sistema correctamente especificado debe ser a prueba de fallos y capaz de rechazar cualquier producto contaminado bajo cualquier circunstancia, independientemente de la frecuencia con que se produzca la contaminación y de la ubicación del metal dentro del producto.

A continuación se exponen problemas comunes de aplicación que se deben tener en cuenta al especificar un sistema de detección de metales:

- **El sistema de rechazo no es adecuado para la aplicación.** Por ejemplo, cuando se especifica el chorro de aire para artículos de 2 kg (el artículo es demasiado pesado).
- **El sistema de rechazo carece de fotodetección.** El posible problema está relacionado con la localización del contaminante metálico en el producto. Cuanto más largos sean los artículos, mayores serán los riesgos. Si no se usa un sistema de este tipo, podría rechazarse un artículo equivocado o este podría no eliminarse correctamente, con la consiguiente posibilidad de atasco en la línea.
- **El sistema no es capaz de eliminar varios artículos contaminados consecutivos.** Si aparecen una serie de artículos contaminados de forma consecutiva, el dispositivo de rechazo debe ser capaz de rechazar cada uno de ellos con precisión, sin ocasionar atascos en la línea.
- **El sistema de rechazo no funciona porque la presión neumática es baja, insuficiente o el volumen no es el adecuado.**
- **La acumulación de productos en procesos posteriores del detector llega hasta el sensor de acumulación.**
- **Se modifica la velocidad del transportador sin tener en cuenta que se debe cambiar la temporización del rechazo, incluido el codificador.**
- **Las especificaciones de la cinta aumentan.**

Una de las ventajas de que tanto el transportador como el sistema de rechazo sean responsabilidad del fabricante del detector de metales es que los problemas anteriormente citados se pueden resolver en la etapa de diseño si es necesario.

## 4.2 Cumplimiento de los requisitos de los comerciantes y de la industria alimentaria

El diseño del sistema de detección de metales puede incluir otros dispositivos de control sencillos que garanticen que el dispositivo de rechazo funciona adecuadamente, que los artículos contaminados se rechazan con precisión y que el sistema de detección de metales funciona en modo de seguridad a prueba de fallos. La implementación de los siguientes requisitos de diseño es generalmente una buena práctica, que probablemente satisfará los requisitos de la mayor parte de los comerciantes y de la industria alimentaria:

- Un sistema de rechazo automático para eliminar de manera eficaz el producto de la línea de producción.
- Un contenedor de rechazo con cierre (con un monitor opcional del cierre de la puerta del contenedor) que reciba el producto rechazado. Solo el personal autorizado y cualificado debe poder acceder al contenedor de rechazo. De este modo, se contribuye a eliminar el riesgo de que, en el caso de que el producto se retirara a un contenedor abierto y se pudiera acceder a él fácilmente, se pudiera devolver a la línea de producción por error.
- Un dispositivo de advertencia para indicar cuando el contenedor de productos rechazados esté lleno de producto.
- Un cierre total entre el cabezal de detección y el contenedor de rechazo.
- Una indicación visual y sonora del estado del sistema, p. ej., de fallos del cabezal de detección, de un error de restablecimiento, etc.
- Una fotocélula que detecte el paso de cada artículo por el sistema, para facilitar una temporización adecuada del mecanismo de rechazo, independientemente de la localización del contaminante metálico en el artículo.
- Un sistema automático de seguridad de parada de la cinta a prueba de fallos, en respuesta sucesos concretos:
  - Llenado del contenedor de rechazo.
  - Pérdida de presión neumática.
  - Fallo del sistema de confirmación de rechazo. etc.
- Un error de confirmación de rechazo que salte cuando los productos no se rechacen correctamente.
- Un sensor de comprobación de rechazo para confirmar el funcionamiento del sistema de fotodetección.
- Un codificador del eje del rodillo motriz para gestionar las variaciones de velocidad y los sistemas de parada/arranque.
- Un sensor de acumulación para evitar que los productos se acumulen en el sistema de detección de metales.

El sistema solamente se debería poder reiniciar mediante una contraseña de seguridad o una llave en posesión de una persona autorizada. Se deben implementar procedimientos adecuados con respecto a todos los tipos de producto para que, en el caso de que el transportador del detector de metales se pare por cualquier motivo, se retiren todos los productos y se vuelvan a inspeccionar posteriormente.

## 4.3 Inspección de líquidos, fluidos alimenticios y pastas en una tubería

Para efectuar la inspección de líquidos, fluidos alimenticios y pastas bombeados, se puede sustituir un segmento reducido de la tubería de transporte de metal por otro de un material no metálico apto para la industria alimentaria e introducirlo en un detector de metales (figura 4.20). La elección de la tubería estará condicionada por:

- El tipo de conexión de tubería requerido.
- El tipo de producto y la viscosidad.
- La naturaleza del producto.
- La temperatura del producto.
- La presión prevista de la tubería.

Se deberá tener precaución de diseñar la instalación de tal manera que la tubería insertada no soporte tensión a causa del peso de las tuberías de transporte de acero inoxidable de entrada y salida.

Cuando se detecte contaminación por metales, se puede poner en marcha una válvula sanitaria de tres vías para desviarla. Como alternativa, se puede parar la bomba y purgar la contaminación de forma manual. La elección de la válvula estará condicionada por el tipo de producto (si contiene materiales sólidos o no), su temperatura y viscosidad.

Algunas válvulas son más adecuadas para productos de baja viscosidad como, por ejemplo, los zumos. Si el procedimiento de limpieza de la tubería incluye la impulsión de un émbolo de limpieza (también conocido como "pig") por el interior de la tubería, la válvula seleccionada debe tener un diseño recto y no restrictivo.

Entre los típicos productos que se suelen inspeccionar en tubería se encuentran el chocolate líquido, los helados, las sopas y los fluidos alimenticios con carne.

Se debe considerar este tipo de aplicación en los casos en que el aumento de sensibilidad que supone una abertura relativamente pequeña supere las ventajas de una inspección del producto acabado. Esto es particularmente válido si el material de envasado final contiene metal, como en las líneas de enlatado.

Los productos bombeados rara vez son completamente homogéneos, ya que con frecuencia aparecen espacios vacíos y burbujas.

En condiciones normales, el producto pasa por las bobinas detectoras y cualquier efecto de producto tiende a anular las señales, por lo que el detector se puede para ofrecer lecturas de elevada sensibilidad (figura 4.20). Si, no obstante, aparece algún espacio vacío o burbuja al pasar por la primera bobina (figura 4.21), el detector percibirá una gran diferencia de producto, por lo que puede producirse un falso rechazo si se usa un detector de metales convencional de bobinas equilibradas.



Una tubería llena tiende a anular las señales de producto.

Figura 4.20



La válvula con rejilla de retención al final del flujo del producto actúa como sistema a prueba de fallos en caso de que el rechazo del patrón de prueba no se efectúe correctamente.

Figura 4.21

Con el desarrollo de la tecnología de MSF y la supresión de la señal del producto, este efecto se reduce y los casos de falsos rechazos prácticamente se eliminan.

La velocidad del producto en la tubería determina en última instancia la posición de la válvula de rechazo en relación con el detector de metales. Dado que la válvula tiene un tiempo de respuesta de desviación mínimo, la distancia entre la válvula y el detector se debe modificar de forma directamente proporcional a la velocidad del producto y al tiempo de respuesta de la válvula.

En el caso de productos con tendencia a solidificarse si se para el bombeo, como el chocolate líquido, la tubería de paso puede equiparse con un sistema de calefacción por camisa de agua caliente, ya que no se pueden pasar por el detector cables eléctricos de calentamiento.

### 4.3.1 Diseño de sistemas de tuberías a prueba de fallos

Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente buenas prácticas, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los comerciantes y la industria alimentaria:

- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar una sección de producto que contenga contaminación metálica.
- El rechazo del producto contaminado a un contenedor adecuado y seguro.
- Una indicación sonora y visual que muestre que se ha rechazado el producto.
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el sistema de rechazo. El sistema solamente se debería poder reiniciar mediante una contraseña de seguridad o una llave en posesión de una persona autorizada.

### 4.3.2 Consideraciones sobre las comprobaciones

El acceso para comprobaciones y la recuperación de muestras debe estar integrado en el sistema para que se puedan comprobar el detector y el dispositivo de rechazo con rapidez y fiabilidad. Siempre que sea posible, debe haber una tobera de acceso a muestras de comprobación que permita la introducción de una muestra de comprobación en un proceso anterior del detector de metales.

La ubicación y el diseño de la tobera deben permitir el desplazamiento de la muestra a velocidad normal por todo el sistema de detección de metales. Debe haber asimismo algún medio para recuperar la muestra de comprobación en el caso de que esta no se detecte como, por ejemplo, una rejilla de retención o una válvula abierta de retención.

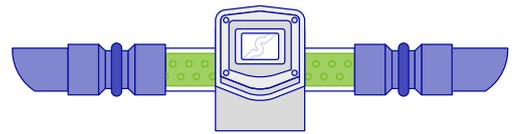


Figura 4.22

## 4.4 Inspección de metales en sistemas de garganta para polvos y sólidos fluentes a granel

Cualquier polvo o producto granular que pueda fluir (como, por ejemplo, harina, cacahuetes, arroz, granza de plástico, leche en polvo, ingredientes y semillas de cacao) se puede inspeccionar en condiciones de caída mediante un detector de metales de garganta y un sistema de desviación de alta velocidad (figura 4.23).

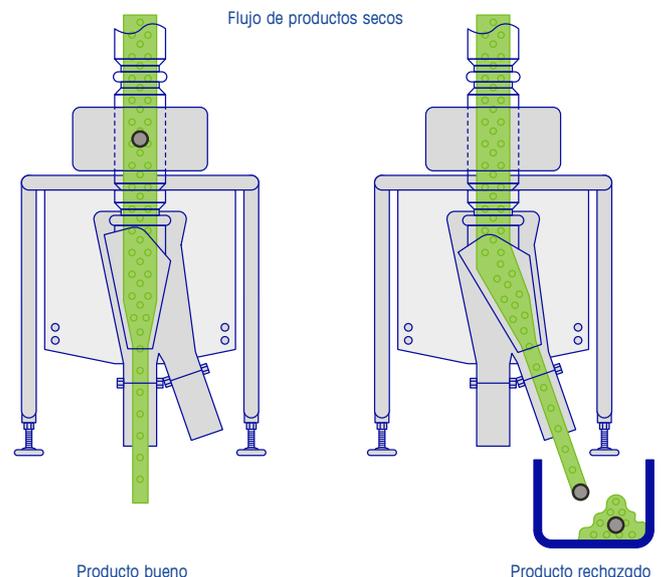


Figura 4.23

En condiciones normales de funcionamiento, el producto cae por el efecto de la gravedad y, con los volúmenes relativamente elevados que pueden pasar por la pequeña abertura del detector, se puede alcanzar una sensibilidad muy elevada.

El detector y el sistema de rechazo automático deben ir montados en una estructura rígida con suficiente espacio entre ellos para garantizar que se rechacen siempre los contaminantes metálicos. En el diseño del mecanismo de rechazo se debe tener en cuenta la posibilidad de que haya fugas de producto cuando dicho mecanismo se encuentra en la posición de rechazo.

En algunas aplicaciones (como, por ejemplo, en las que se manipulan polvos de textura fina), puede acumularse polvo del producto en el dispositivo de rechazo, que podría salir en la posición de rechazo, con el consiguiente e inaceptable desperdicio de producto. Para estas aplicaciones, se recomienda un sistema de rechazo de tipo hermético.

El flujo del producto será en caída libre continua o intermitente. Los sistemas de este tipo no se consideran adecuados en los casos en que es probable que el producto acumule en la tubería de paso y se mueva lentamente.

El sistema debe tener una velocidad de respuesta fija, independientemente de la frecuencia de funcionamiento. Además, debe ser capaz de desplazarse a la posición de rechazo en menos tiempo del que tarda una partícula metálica en caer desde el detector al dispositivo de rechazo.

Con frecuencia, la altura total de los sistemas de garganta supone una limitación para su uso, en especial, cuando el espacio superior disponible es reducido.

La altura total del sistema depende directamente de las variables limitativas que se indican a continuación.

#### 4.4.1 Altura inicial de caída del producto

La altura de caída del detector se expresa normalmente como la distancia desde el punto en que el producto comienza a caer hasta la parte superior de la brida del detector. Esta altura determina la velocidad del producto en el punto de inspección. En condiciones ideales, la altura de caída debería ser la mínima posible; para lo cual se debe colocar el equipo tan cerca como se pueda del punto de caída inicial, sin entrar en la zona sin metal (consulte la sección 1.4.4).

Como directriz general, la altura de caída máxima para un detector de 150 mm de diámetro de abertura sería de aproximadamente 800 mm. No obstante, este parámetro puede variar en función de la especificación del detector concreto. Al aumentar la altura de caída, se debe aumentar también la distancia entre el detector y la válvula de rechazo para mantener un intervalo de respuesta adecuado para la válvula.

#### 4.4.2 Abertura del detector

El tamaño de la abertura determinará la sensibilidad operativa del sistema (en función de la frecuencia de funcionamiento), su rendimiento máximo y su altura mínima general. Existen tecnologías especiales (como, por ejemplo, la tecnología ZMFZ) que minimizan esta distancia. El tamaño de la abertura determinará también la distancia que debe recorrer el desviador para rechazar el producto.

#### 4.4.3 Tiempo de respuesta del sistema

Engloba la velocidad de respuesta de la salida del relé o salida de estado sólido y de la electroválvula neumática o el cilindro neumático. También abarca el tiempo necesario para desplazar el desviador a la posición de rechazo.

#### 4.4.4 Ángulo de rechazo

El ángulo de rechazo no debe ser demasiado grande, para evitar atascos o que el producto se atraviese. El ángulo de rechazo aumenta a medida que se reduce la longitud de la compuerta de rechazo. Para la mayoría de los productos, el ángulo máximo debe ser de entre 25° y 30°.

#### 4.4.5 Diseño del rechazo

La velocidad de respuesta puede verse reducida por factores tales como la acumulación de producto en el dispositivo de rechazo, una caída de la presión neumática y el envejecimiento de los cojinetes. El diseño debe disponer de un margen de seguridad suficiente como para garantizar el rechazo del metal con un 100 % de precisión.

#### 4.4.6 Diseño de sistemas de garganta a prueba de fallos

Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente buenas prácticas, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los comerciantes y la industria alimentaria:

- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar el producto que contenga contaminación por metales.
- Una indicación visual y sonora del estado del sistema (p. ej., si se ha rechazado el producto).
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el mecanismo de rechazo. El sistema solamente se debería poder arrancar de nuevo mediante una contraseña de seguridad o una llave en posesión de una persona autorizada. No obstante, en algunos casos, se podría usar un pulsador controlado como la práctica más estandarizada.
- Un diseño a prueba de fallos (p. ej., con conmutación de seguridad ante cortes de alimentación).
- Una indicación visual y sonora del estado del sistema (p. ej., si se ha rechazado el producto).

#### 4.4.7 Consideraciones sobre electricidad estática

Los polvos y gránulos secos que caen pueden generar electricidad estática. La acumulación de una gran carga estática puede tener un efecto perjudicial en el rendimiento del sistema de detección de metales o incluso suponer un riesgo para la seguridad. Algunos productos tienen más tendencia a generar electricidad estática que otros y ciertas condiciones ambientales (como la humedad) son factores coadyuvantes. Para prevenir la acumulación de grandes cargas estáticas, se deben observar las siguientes medidas:

- Todos los objetos metálicos cercanos al sistema de detección (tuberías, bridas, soportes) se conectarán adecuadamente a tierra.
- Las tuberías de paso de plástico deben estar hechas de un plástico conductor apto para alimentos (por ejemplo, con homologación de la FDA), que debe tener conexión a tierra.
- El sistema debe disponer de un punto único de toma a tierra.

#### 4.4.8 Consideraciones sobre las comprobaciones

El acceso para comprobaciones y la recuperación de muestras de comprobación debe estar integrado en el sistema para que se puedan comprobar el detector y el dispositivo de rechazo con rapidez y fiabilidad. Debe existir una tobera de acceso para comprobaciones por la que se pueda introducir la muestra de comprobación en el punto en que el producto comienza a caer, de forma que la velocidad de la muestra de comprobación sea idéntica a la del producto.

Se debe instalar una rejilla de retención de seguridad en el flujo normal del producto, por debajo de la posición de aceptación de la válvula, de forma que la muestra de comprobación se pueda recuperar adecuadamente si no se detecta o si la válvula falla.

La rejilla de comprobación se debe poder insertar con rapidez durante la comprobación y retirar del flujo del producto con posterioridad. Se recomienda el uso de una rejilla de comprobación en el lado de rechazo de la válvula, ya que esto facilita la recuperación de la muestra de comprobación cuando esta se rechaza.

## 4.5 Aplicaciones de envasado en vertical

La instalación de un detector de metales sobre una envasadora o procesadora (o en su interior) puede presentar una serie de ventajas, tanto para el usuario como para el proveedor de la maquinaria original, como, por ejemplo:

- Reducción de costes.
- Aumento del rendimiento de la sensibilidad operativa.
- Superación de las limitaciones de los envases metálicos.
- Ausencia de piezas móviles que se desgasten.

Cuando la instalación se deba hacer en un espacio limitado, se puede usar tecnología especial (como la tecnología ZMFZ). De este modo, las estructuras y componentes metálicos se pueden colocar muy cerca del detector sin producir interferencias.

### 4.5.2 Embolsadora de formado, llenado y sellado en vertical

Se puede montar un detector ZMFZ entre una báscula (por ejemplo, una báscula de varios cabezales) y una embolsadora de formado, llenado y sellado en vertical (figura 4.24). Con frecuencia, se requiere un detector grande (por ejemplo, de 175-200 mm), que exigirá disponer de una zona sin metal más amplia, lo que dificulta la instalación o, a menudo, la imposibilita debido al espacio necesario para ello.

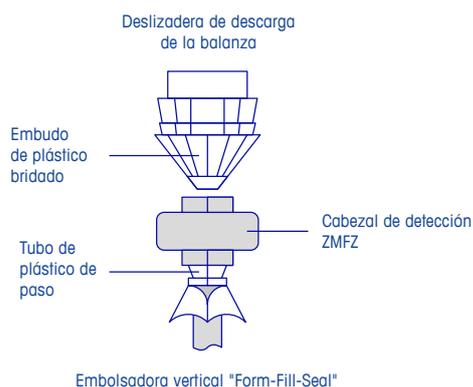


Figura 4.24

La tecnología patentada ZMFZ permite mantener elevados niveles de sensibilidad (sin falsos rechazos) en un espacio mínimo, lo que facilita la instalación y evita el riesgo de rotura de productos.

Tamaño de la abertura	Metal férreo	Metal no férreo (latón, cobre y aluminio)	Acero inoxidable de grado 316 no magnético
150 mm	0,6-0,8 mm	0,8-1 mm	1-1,2 mm
200 mm	0,8-1 mm	1-1,2 mm	1,2-1,5 mm
250 mm	1,2-1,5 mm	1,5-1,8 mm	1,8-2 mm

Tabla 4a: rangos de sensibilidad típicos en aplicaciones de envasado en vertical

### 4.5.3 Rechazo y diseño a prueba de fallos en aplicaciones de envasado en vertical

Las siguientes características de diseño del sistema se consideran generalmente buenas prácticas, que probablemente satisfarán la mayor parte de los requisitos de los comerciantes y la industria alimentaria:

- Un mecanismo de rechazo que pueda aislar el producto que contenga contaminación por metales. Si no se puede instalar un mecanismo de rechazo, la embolsadora debe ser capaz de formar un paquete doble y pararse.
- Una indicación sonora y visual que muestre que la embolsadora se ha parado.
- Un sistema de confirmación de rechazo que detenga el flujo del producto si se produce algún fallo en el mecanismo de rechazo o la embolsadora no se detiene. El sistema solamente se debería poder reiniciar mediante una contraseña de seguridad o una llave en posesión de una persona autorizada. No obstante, en condiciones controladas, la práctica adoptada podría ser un pulsador de restablecimiento.

# ¿Detección de metales, inspección por rayos X o ambas tecnologías?

La calidad y la seguridad de los productos alimentarios y farmacéuticos dependen de la diligencia debida que se ejerza durante el proceso de producción, con el fin de excluir los contaminantes de los productos acabados.

## 5

## ¿Detección de metales, inspección por rayos X o ambas tecnologías?

- 5.1 Las capacidades de los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X
- 5.2 Efectos de producto
- 5.3 Efectos del envase
- 5.4 ¿Qué tecnología usar: detección de metales, inspección por rayos X o ambas?

Los fabricantes de alimentos deben cumplir los estándares y normativas destinados a evitar la contaminación, como la ley de modernización de la inocuidad de los alimentos (FSMA) estadounidense, la Global Food Safety Initiative (Iniciativa Mundial de Seguridad Alimentaria, GFSI), el British Retail Consortium (consorcio del comercio minorista británico, BRC), el Food Safety System Certification 22000 (Certificado de Sistemas de Seguridad Alimentaria, FSSC22000) y el International Featured Standard for Food (IFS).

Los fabricantes de fármacos tienen sus propios requisitos de conformidad con las normativas. La elección del equipo de protección e inspección afecta en gran medida a la calidad y la seguridad del producto, y a la confianza de los clientes. Los fabricantes deben decidir si instalar un sistema de inspección por rayos X, un sistema de detección de metales o ambos tipos. En este capítulo se comparan estas dos tecnologías.

### 5.1 Las capacidades de los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X

Los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X se pueden instalar en puntos críticos de control (PCC) para inspeccionar las materias primas entrantes antes de su procesamiento, o bien en otros muchos puntos del proceso de fabricación. Los sistemas de inspección también se pueden instalar al final de la línea de producción o envasado.

Como se ha comentado en el capítulo 1, los detectores de metales modernos pueden identificar todo tipo de metales, incluidos los férricos (cromo, acero, etc.) y los no férricos (latón, aluminio, etc.), así como el acero inoxidable magnético y el no magnético en productos alimentarios y farmacéuticos.

Los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X se pueden usar para inspeccionar productos envasados o no envasados, incluidos envases altos y rígidos como, por ejemplo, tarros de vidrio, botellas y contenedores de plástico. La tecnología de rayos X se emplea habitualmente para inspeccionar latas de metal y productos envasados en laminado de aluminio. Sin embargo, la tecnología de detección de metales más reciente

(consulte el capítulo 3, en el que se detalla la tecnología de frecuencia multisimultánea) ahora permite inspeccionar productos envasados en lámina metalizada y obtener unos niveles de detección semejantes a los de los sistemas de inspección por rayos X.

Tanto los sistemas de detección de metales como los de inspección por rayos X son válidos para la inspección de líquidos, pastas y fluidos alimenticios en aplicaciones en tubería.

Para la inspección de productos de garganta en caída libre, la detección de metales es la única opción. Los productos en polvo y granulares para sistemas de detección de metales de garganta no se desplazan a una velocidad constante, sino que se aceleran conforme caen. Además, la dirección de desplazamiento no es uniforme, ya que esta se modifica cuando rebotan entre sí. Los sistemas de inspección por rayos X aún no pueden ofrecer una solución satisfactoria para abordar este tipo de productos. Puesto que suele tratarse de productos secos y no conductores, los niveles de sensibilidad alcanzados con un sistema de detección de metales son extremadamente elevados.

## 5.2 Efectos de producto

El efecto de los productos que se están comprobando dependerá de la tecnología de inspección seleccionada. Tanto los detectores de metales como los sistemas de inspección por rayos X presentan diferentes funciones de inspección que influyen directamente en la sensibilidad.

Tradicionalmente, los productos con un contenido de humedad elevado han planteado varios problemas para que los detectores de metales pudieran detectar los contaminantes más pequeños, ya que la señal que genera el producto (conocida como "efecto de producto") enmascaraba la señal que presenta el contaminante metálico. Sin embargo, actualmente, gracias al desarrollo de la tecnología de frecuencia multisimultánea (MSF), este efecto se reduce considerablemente y, en muchos casos, a lo que antes se consideraba un producto problemático ahora se le considera un producto relativamente fácil de inspeccionar por parte de un detector de metales, por lo que el nivel de sensibilidad alcanzable se ha mejorado enormemente.

A la tecnología de inspección por rayos X también pueden afectarle algunas de las características de los productos inspeccionados. La facilidad con la que la inspección por rayos X puede identificar los contaminantes depende de varios factores, como la densidad, la profundidad y la homogeneidad del producto. Por ejemplo, cuando se usa un sistema de inspección por rayos X, si el producto incluye cristales salinos sueltos (como sucede con las galletas y galletitas saladas secas), la densidad de dichos cristales de sal puede limitar el rendimiento alcanzado por el sistema de inspección por rayos X en comparación con el mismo producto sin cristales salinos sueltos. Asimismo, los productos con una textura variable pueden afectar al rendimiento de los rayos X: cuanto mayor sea la homogeneidad del producto, mejor será la sensibilidad general.

## 5.3 Efectos del envase

El material con el que está envasado un producto puede influir en los niveles de detección en distinto grado, según la tecnología de inspección empleada.

Actualmente, en las industrias alimentaria y farmacéutica se usa una amplia gama de materiales de envasado:

- Bandejas o envoltorios de plástico.

- Papel.
- Lámina metalizada.
- Laminado de aluminio.
- Vidrio.
- Latas de metal.
- Tarros de cerámica.
- Bolsas tipo doypack.
- Tubos y cartones de compuestos.

Una de las áreas de aplicación en las que destaca la inspección por rayos X en comparación con las tecnologías de detección de metales tradicionales es en la inspección de productos envasados en laminado de aluminio. Debido a la forma en la que funcionan los sistemas de inspección por rayos X, este tipo de material de envasado tiene un impacto insignificante en los niveles de detección.

### 5.3.1 Envase con lámina metalizada

Los productos envasados en láminas metalizadas se han inspeccionado tradicionalmente mediante detectores de metales con bajas frecuencias (en función del grosor de la lámina). No obstante, como se ha mencionado en la sección 5.2, en la actualidad algunas empresas fabricantes de detectores de metales ofrecen una novedosa tecnología que permite alcanzar con un detector de metales sensibilidades muy similares a las que se consiguen usando un sistema de inspección por rayos X y, en algunos casos, incluso una capacidad de detección mayor.

Sin embargo, en algunos casos, si la aplicación lo permite, es preferible inspeccionar estos productos antes de su envasado mediante un detector de metales "de garganta". Se puede apreciar un buen ejemplo de ello en la industria de los aperitivos, donde se considera que los detectores de metales de garganta son la solución ideal debido a los elevados niveles de sensibilidad que alcanzan y a que sus costes de inversión y de propiedad son relativamente bajos.

### 5.3.2 Envase con laminado de aluminio

Los envases de aluminio, como los envoltorios de laminado de aluminio y las bandejas de productos, suponen un mayor reto para los detectores de metales. Los detectores que usan la tecnología de bobinas equilibradas no pueden inspeccionar productos con un envase de aluminio, por lo que se debe emplear una tecnología diferente que consiste en la detección de metales férricos a través del aluminio. No obstante, esta solo puede detectar metales magnéticos, por lo que puede que no sea una solución aceptable. Este es un buen ejemplo en el que la elección de un sistema de inspección por rayos X es evidente.

Una de las áreas de aplicación en las que destaca la inspección por rayos X en comparación con las tecnologías de detección de metales tradicionales es en la inspección de productos envasados en laminado de aluminio. Debido a la forma en la que funcionan los sistemas de inspección por rayos X, este material de envasado tiene un impacto insignificante en los niveles de detección.

### 5.3.3 Contaminantes de aluminio en envases no metálicos

El aluminio es un metal ligero y un buen conductor eléctrico. Dado que su densidad es inferior en comparación con otros metales como, por ejemplo, los metales férricos y el acero inoxidable, provoca una reducción de la sensibilidad en los

sistemas de inspección por rayos X. En estos casos, el aluminio debe tener el doble de tamaño que los metales férricos o el acero inoxidable para poder ser detectado. En contraste, gracias a sus excelentes propiedades de conducción, el aluminio se suele detectar en tamaños más pequeños usando una tecnología de detección de metales, por lo que en este caso, la detección de metales suele ser la mejor solución.

### 5.3.4 Contaminación metálica en envases no metálicos

Debido a su rentabilidad, los detectores de metales son la solución más adecuada para inspeccionar en busca de contaminación metálica solo si ya se han tenido en consideración todos los factores anteriores. Sin embargo, si lo que desea detectar es la contaminación metálica y los cuerpos extraños no metálicos, los sistemas de inspección por rayos X son la solución adecuada. En caso de duda, se aconseja realizar siempre una comprobación de productos.

### 5.3.5 Contaminación no metálica en cualquier tipo de envase

Los sistemas de inspección por rayos X constituyen la única solución, ya que tienen la capacidad de detectar contaminantes no metálicos, como vidrios, piedras minerales, huesos calcificados, y plásticos y cauchos de alta densidad.

### 5.3.6 Limitaciones en el tamaño del producto

Los detectores de metales y los sistemas de inspección por rayos X se pueden diseñar para que se ajusten a cualquier tamaño de producto. En el caso de los paquetes y productos de mayor tamaño, se debe aumentar la altura o la superficie de la abertura. Por lo general, cuanto mayor sea la altura de la abertura y el producto, menor será la sensibilidad.

## 5.4 ¿Qué tecnología usar: detección de metales, inspección por rayos X o ambas?

La detección de metales y la inspección por rayos X ofrecen distintas funciones. Para evaluarlas íntegramente, primero se debe llevar a cabo una auditoría de Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP). Esto le ayudará a comprender los requisitos de cualquier cuestión relacionada con el cliente o la conformidad impulsados por la GFSI o los principales grupos comerciales.

La auditoría de HACCP le permitirá identificar los riesgos de contaminación que pueden surgir en el proceso de fabricación y los tipos de contaminación que pueden darse con mayor probabilidad. Para mitigar los riesgos, se deben establecer PCC, en los que se deben instalar los equipos de inspección de productos con el fin de reducir el riesgo de contaminación a unos niveles aceptables.

Si la auditoría HACCP concluye que el metal es el único contaminante que puede encontrarse, la mejor solución será un detector de metales. Del mismo modo, si se determina que es probable que se detecten otros contaminantes, tales como vidrio, piedra mineral, hueso calcificado, o plástico y caucho de alta densidad, los rayos X constituirían la solución más apropiada. Si recordamos los efectos del envase y del producto mencionados anteriormente, sería aconsejable realizar comprobaciones de productos para establecer cuál es la tecnología más adecuada.

En muchos casos, solo existe una solución adecuada: la detección de metales o la inspección por rayos X. No obstante, en ocasiones podría resultar necesario instalar los dos sistemas, cada uno en un PCC distinto de la misma línea de producción.

El HACCP y sus principios se explican en el capítulo 9: "Selección de los puntos de control".

### 5.4.1 Requisitos de instalación y comprobación

Los sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X se pueden suministrar con diversos dispositivos de manipulación de productos, entre los que se incluye una gama de dispositivos de rechazo automático. En ambos tipos de sistemas también es obligatoria la realización de controles periódicos de comprobación del rendimiento en los intervalos prescritos. La instalación, la puesta en servicio y la formación se explican con más profundidad en los capítulos 11 y 12. Sin embargo, los recientes avances en la tecnología de detección de metales como, por ejemplo, el desarrollo de los análisis predictivos, permiten ampliar el intervalo entre las comprobaciones programadas del detector de metales. A su vez, esto puede resultar muy interesante para el usuario, ya que puede aumentar su porcentaje de OEE.

### 5.4.3 Velocidades de línea rápidas o variables

Tanto los sistemas de detección de metales como los de inspección por rayos X son aptos para las líneas de producción de velocidad elevada o variable. Los detectores de metales pueden identificar contaminantes en productos que se desplacen a cualquier velocidad, incluidos transportadores con una velocidad superior a los 400 m/min (aunque muy pocos procesos con transportador funcionan a estas velocidades tan elevadas).

Los sistemas de inspección por rayos X pueden supervisar líneas con transportador con una velocidad de hasta 120 m/min. Para ambas tecnologías, se pueden lograr volúmenes o velocidades de inspección aún mayores en aplicaciones a granel y de bombeo. La elección de una tecnología u otra depende de varios factores, como los tipos de contaminantes, el tipo de producto y el material del envase. La velocidad no suele ser decisiva.

### 5.4.4 Espacio limitado

El cabezal de detección de un detector de metales ocupa mucho menos espacio que una unidad de inspección por rayos X. Por tanto, en situaciones en las que el espacio de instalación esté limitado y los posibles contaminantes sean metales, el detector de metales puede presentarse como la mejor solución. Si se inspeccionan productos envasados, los dos sistemas normalmente precisarán de un sistema transportador y de un sistema automatizado de rechazo. En determinadas ocasiones, la diferencia en la longitud total del sistema es muy pequeña. Algunas empresas de detectores de metales ofrecen lo que se denomina "tecnología de zona sin metal" (Zero Metal Free Zone, ZMFZ). Esta permite reducir drásticamente el tamaño completo del sistema de detección de metales, por lo que es habitual encontrar sistemas de este tipo que ocupan un espacio de línea de menos de 1000 mm.

### 5.4.5 Estándares de la industria y códigos de conducta

Los cambios más recientes en los estándares de seguridad de las industrias alimentaria y farmacéutica están dando lugar a un aumento en la adopción de sistemas de detección de metales y de inspección por rayos X por parte de los fabricantes. Cada vez más, los principales comerciantes elaboran sus propios códigos de conducta, que contienen recomendaciones concretas sobre los equipos de inspección de productos basadas en la Global Food Safety Initiative (GFSI), el British Retail Consortium (BRC), el Food Safety System Certification 22000 (FSSC22000) y el International Featured Standard for Food (IFS). Además, los fabricantes de fármacos tienen sus propios requisitos de conformidad.

### 5.4.6 Simplificación de la elección

Con el desarrollo de las tecnologías de inspección por rayos X y de detección de metales, la decisión ya no gira sencillamente en torno a optar por una o por otra. Este capítulo constituye un buen punto de partida para escoger la tecnología apropiada, pero no puede resolver todas las dudas. A menudo resulta necesario ponerse en contacto con expertos en la inspección de productos para despejar las posibles dudas.

Si el coste es el único criterio de decisión, la detección de metales es la solución más apropiada. No obstante, las decisiones que tienen que ver con la seguridad del producto pocas veces son tan sencillas. El rendimiento de cada solución se ve afectado por el tamaño del producto que se inspecciona. Asimismo, resulta importante tener en cuenta los costes a lo largo de la vida útil y no solo los de la inversión inicial.

El tipo de producto y los posibles contaminantes también influirán en la elección. Asimismo, hay que tener en cuenta la auditoría de HACCP y los PCC de la línea de producción. En ocasiones, la solución pasa por instalar más de un sistema de detección en distintos PCC de la misma línea de producción.

Por ejemplo, un detector de metales o un sistema de inspección por rayos X para flujos de graneles situados en un punto al principio de la línea de procesamiento pueden eliminar contaminantes metálicos o no metálicos de gran tamaño. De esta forma, se impide que estos alcancen máquinas más delicadas en procesos posteriores de la línea y las dañen, o que se fragmenten en contaminantes más pequeños y difíciles de detectar.

Se puede instalar un sistema de inspección por rayos X al final de la línea que detecte una mayor variedad de contaminantes y lleve a cabo otros controles de calidad, como la confirmación de la integridad del paquete o la comprobación del contenido del paquete antes de que el producto abandone la fábrica.

En determinados casos, existe un solapamiento entre ambas, de manera que puede elegir una u otra. En cualquier caso, no se trata tanto de determinar qué tecnología es mejor, sino cuál es la más apropiada para su aplicación y presupuesto concretos.

### 5.4.7 Tabla resumen

En la siguiente tabla, se ofrece un resumen de las diferencias fundamentales entre las dos tecnologías:

	Detección de metales	Inspección por rayos X
<b>Formatos de producto</b>	Productos envasados en cintas transportadoras, productos sueltos y a granel, productos de caída libre y envasados verticalmente (incluidos los productos en polvo y granulares), líquidos bombeados, pastas y fluidos alimentarios, y productos en banda continua.	Productos empaquetados para transportador, productos sueltos a granel, líquidos bombeados, pastas y fluidos alimentarios, productos en banda continua.
<b>Detección de contaminación</b>	Detección de todo tipo de contaminación metálica, incluidos metales férricos, no férricos (entre ellos, el aluminio) y el acero inoxidable magnético y no magnético.	Detección de contaminantes densos, como metales férricos, no férricos y acero inoxidable, así como de otros contaminantes tales como vidrios, piedras, huesos, y compuestos de caucho y plásticos de alta densidad.
<b>Contaminantes detectables</b>	Los contaminantes deben ser austeníticos (magnetizables) o conductores eléctricos.	Los contaminantes deben ser de alta densidad o tener un número másico alto.
<b>Contaminantes de aluminio</b>	Fácilmente detectables.	Detectables, pero no tan fácilmente como otros metales.
<b>Controles de calidad</b>	Detección de contaminación metálica.	Detección de contaminantes densos y, simultáneamente, controles de calidad para la medición de la masa, la inspección del sellado, el control del nivel de llenado, el recuento de componentes, y la detección de productos y envases que falten o estén dañados.
<b>Textura del producto</b>	No influye.	Puede limitar el rendimiento.
<b>Productos conductores</b>	Se pueden inspeccionar.	Se pueden inspeccionar.
<b>Productos empaquetados en láminas metálicas</b>	Se pueden inspeccionar.	Se pueden inspeccionar.
<b>Productos empaquetados en laminado de aluminio</b>	No se pueden inspeccionar de forma eficaz.	Se pueden inspeccionar.
<b>Influencia del tamaño del paquete</b>	Cuanto más grande, menor sensibilidad.	Cuanto más grande, menor sensibilidad.
<b>Abertura más grande</b>	Puede que se reduzca la sensibilidad; aumentan los costes moderadamente.	Puede que se reduzca la sensibilidad; aumentan los costes significativamente.
<b>Longitud corta del transportador</b>	Longitudes cortas del transportador o espacio requerido para la inserción.	Puede que la longitud corta del transportador requiera de una protección especial para garantizar la seguridad de radiación.
<b>Altas velocidades de línea</b>	Funciona a altas velocidades de línea.	Funciona a altas velocidades de línea.
<b>Velocidades de línea variables</b>	Funciona a velocidades de línea variables.	Funciona a velocidades de línea variables.
<b>Producción de garganta</b>	Se puede inspeccionar.	No se puede inspeccionar.

Tabla 5a



# Motivos para implantar un programa de detección de metales

Para muchas empresas, la compra de un sistema de detección de metales puede suponer una inversión de capital significativa. Por ello, es importante que el equipo sea fiable, tenga un diseño adecuado para la aplicación en la que se va a usar y ofrezca la mayor eficacia posible. El cumplimiento de estos principios garantizará que el sistema de detección de metales genere un retorno de la inversión adecuado al minimizar los costes y maximizar la seguridad del producto.

## 6

## Motivos para implantar un programa de detección de metales

- 6.1 Minimización de la contaminación por metales
- 6.2 Minimización de los costes
- 6.3 Protección del cliente y del consumidor
- 6.4 Protección de la marca y de su reputación
- 6.5 Certificación
- 6.6 Apoyo de los empleados
- 6.7 Diligencia debida y conformidad con las normativas
- 6.8 Códigos de conducta de comerciantes y marcas
- 6.9 Referencias

El uso más eficaz de un sistema de detección de metales es integrándolo en un programa más amplio de reducción de contaminación metálica diseñado para alcanzar varios objetivos:

1. Detectar la contaminación en el producto.
2. Llevar a cabo las medidas preventivas adecuadas cuando se detecte contaminación.
3. Tomar las medidas pertinentes para impedir que la contaminación por metales se produzca en un principio.

La justificación para adquirir un sistema de detección de metales adecuadamente diseñado (y los motivos de su implementación) se pueden demostrar teniendo en cuenta las siguientes ventajas, que se comentan en detalle en este capítulo:

- Minimización de la contaminación por metales
- Minimización de los costes
- Protección del cliente y del consumidor
- Protección de la marca y de su reputación
- Certificación
- Apoyo de los empleados
- Diligencia debida y conformidad con las normativas
- Cumplimiento de los códigos de conducta de comerciantes y marcas

## 6.1 Minimización de la contaminación por metales

La contaminación por metales puede ser un motivo de reclamación por parte de los consumidores aunque se usen sistemas de detección de metales. Sin embargo, tales reclamaciones no suelen deberse a fallos en el sistema de detección de metales, sino que suelen estar asociadas a una falta de controles eficaces, a métodos de trabajo inadecuados y a un diseño y una especificación incorrectos del sistema.

Buena parte de los casos de contaminación por metales no se deben a la presencia de partículas metálicas diminutas, sino a la presencia de elementos de un tamaño muy superior como, por ejemplo, arandelas, tornillos y trozos de aspas o tamices. Ahora bien, incluso el tipo de detector más básico debería ser capaz de detectar este tipo de objetos.

Un programa de detección de metales bien diseñado debería poder solucionar estos problemas más amplios, aunque este debe centrarse en minimizar los casos de contaminación desde el principio.

La prevención de la contaminación se puede conseguir mediante factores tales como:

- Buenas prácticas de fabricación.
- Programas obligatorios.
- Selección del equipo correcto y uso de muestras de comprobación certificadas.
- Comprobaciones eficaces.
- Un mayor conocimiento de la forma en la que los estándares de la industria, los requisitos de los clientes y la legislación afectan a los fabricantes.

## 6.2 Minimización de los costes

Los costes relacionados con la implantación y el mantenimiento de un programa eficaz de detección de metales son considerablemente inferiores a los posibles costes derivados de no realizar tales procesos.

Si se detecta un producto contaminado por metales antes de su expedición, se producirán inevitablemente un costoso desperdicio de producto y de envase, posibles daños en la maquinaria y una pérdida de producción. Aunque se pueden asignar costes para tales circunstancias fácilmente, estos pueden ser especialmente altos si el resultado es la pérdida de producción, sobre todo en líneas de producción automatizadas de gran volumen.

No obstante, incluso dichos costes pueden resultar nimios en comparación con los derivados de los casos de contaminación detectada tras la expedición, que pueden acarrear la pérdida de satisfacción del cliente, la retirada de productos de las tiendas, una publicidad negativa y posibles reclamaciones legales.

Si se invierte tiempo y dinero en reducir la incidencia de la contaminación por metales desde el principio, los residuos generados internamente, la pérdida de productividad y las reclamaciones se reducirán. De este modo, el dinero estará mejor invertido que si se dedica a responder ante los casos de contaminación una vez que estos se hayan producido, lo que conlleva un gran número de costosas consecuencias.

Además de reducir los casos de contaminación y los costes por fallos, es indudable que un programa de detección de metales correctamente implantado permitirá aumentar la satisfacción de

los clientes y consumidores, así como aumentar la rentabilidad y mejorar la protección de la marca del fabricante.

## 6.3 Protección del cliente y del consumidor

Aunque las técnicas modernas de fabricación intentan eliminar la presencia de contaminantes metálicos en los productos, siempre habrá ocasiones en las que fallen los procesos o los procedimientos y se pueda producir contaminación.

Los fabricantes y sus empleados tienen la obligación con sus clientes y con el consumidor final de reducir al mínimo los casos de contaminación, así como de garantizar que se mantiene una calidad uniforme y de que se toman todas las medidas posibles para proteger el bienestar del usuario final.

Si no se consiguen estos objetivos, puede generarse un descontento entre el fabricante, el comerciante y el cliente, lo que también puede provocar que se rompa la relación con el cliente y se pierdan oportunidades de negocio futuras.

## 6.4 Protección de la marca y de su reputación

Una imagen de marca potente aporta al cliente una sensación de seguridad y calidad. Una imagen de marca eficaz, visible y memorable suele ser la responsable de que los consumidores reinciden en sus compras, además de constituir una importante herramienta para que los fabricantes y comerciantes puedan maximizar las ventas y justificar el precio más elevado de los productos de calidad superior.

Por esta razón, la responsabilidad de una empresa no se limita únicamente a proteger al usuario final, sino también a mantener una buena imagen de marca y una buena reputación. Las marcas de producto son activos importantes que deben gestionarse con atención y protegerse de publicidad negativa cueste lo que cueste.

El hecho de que los consumidores detecten un producto contaminado puede ejercer un impacto negativo grave para cualquier organización, por los daños ocasionados a la imagen de la marca y por la posible y gravosa retirada de productos. Si una empresa sufre una investigación debido a la queja de un cliente, la documentación será una prueba muy valiosa del correcto funcionamiento del programa de detección de metales.

## 6.5 Certificación

Es muy probable que los sistemas de detección de metales se conviertan en el centro de atención de cualquier auditoría de cliente o comerciante, debido a su importancia para la seguridad del proceso de fabricación. Además, la presencia de un sistema de detección de metales supone una prueba de la aplicación de buenas prácticas de fabricación y de seguridad de los productos. No le quepa ninguna duda de que se le solicitarán tales pruebas (si no de inmediato, en algún momento en el futuro) en cualquiera de los diversos procedimientos de auditoría como, por ejemplo:

- Auditorías internas de sistemas de manipulación y seguridad de los alimentos
- Auditorías de clientes
- Auditorías de sistemas de gestión de la calidad (p. ej.: ISO 9001:2000).

- Auditorías para sistemas de gestión de seguridad de los alimentos, por ejemplo ISO22000:2005, código SQF1000/2000
- Auditorías de organismos reguladores (p. ej.: la FDA, el USDA, el IFS [International Food Standard] o el BRC [British Retail Consortium]).

## 6.6 Apoyo de los empleados

Los procedimientos y prácticas de trabajo formalizados relacionados con la seguridad de los productos y la protección de la marca ayudan a mantener la calidad general en toda la empresa de fabricación. Estos procedimientos y prácticas de trabajo se pueden reforzar mediante sesiones de formación sobre los clientes clave y seminarios de concienciación. Este tipo de formación la puede organizar el fabricante del detector de metales o un representante designado por él.

## 6.7 Diligencia debida y conformidad con las normativas

Hasta la fecha, no existe ningún requisito legal de amplia aceptación que obligue a los fabricantes a instalar equipos de detección de metales ni a implementar programas de detección. Sin embargo, en un procedimiento legal debido a la presencia de contaminación por metales en un producto alimentario o farmacéutico, podría solicitarse al fabricante que aportase pruebas de haber ejercido la diligencia debida en sus procesos. De no hacerlo, las consecuencias podrían ser muy graves.

Es fácil probar que se ha observado la diligencia debida si la empresa dispone de un sistema documentado que evalúe constantemente los riesgos para la seguridad alimentaria y asigne recursos para reducirlos al mínimo.

Ante la ausencia de una legislación definitiva relativa a la detección de metales, varios organismos reguladores han elaborado estándares y códigos de conducta a los que los fabricantes pueden adherirse. Dichos códigos abogan por la inspección universal de todos los alimentos y productos relacionados mediante equipos de detección de metales. A continuación, se muestran unos cuantos ejemplos.

**“Todas las empresas deben efectuar un análisis de riesgos para cada producto que fabriquen y evaluar el riesgo de contaminación por metales en sus productos. Si el análisis de riesgos indica que existe riesgo de contaminación por metales, se deberá instalar un detector de metales”.**

**Directrices estándares globales del BRC**

**“Se tomarán medidas eficaces para proteger los alimentos de la presencia de metales u otros cuerpos extraños. La conformidad con este requisito se puede conseguir mediante tamices, trampas, detectores electrónicos de metales o cualquier otro medio eficaz”. Administración de Alimentos y Medicamentos estadounidense (FDA)**

**GMP: 21CFR 110.80(b)(8)**

Algunos de estos estándares están empezando a tenerse en cuenta en la selección de proveedores y en la especificación de estándares de detección de metales por parte de los fabricantes. Normalmente, establecen un control con un programa documentado que abarque las medidas de protección y relacionadas con la seguridad.

## 6.8 Códigos de conducta de comerciantes y marcas

Los comerciantes más destacados y los administradores de las marcas de consumo líderes también han desempeñado un papel importante al desarrollar sus propios códigos de conducta, que se deben cumplir para satisfacer los acuerdos de suministro. Estos estándares pueden variar notablemente según la ubicación geográfica. Además, cada vez es más frecuente que los proveedores deban implementar un programa formal de detección de metales para recibir el visto bueno.

## 6.9 Referencias

A continuación, se incluyen enlaces a diversas fuentes y tipos de información como referencia:

**ANVISA: agencia nacional de vigilancia sanitaria de Brasil**

<http://portal.anvisa.gov.br/contact-us>

**Consorcio del comercio minorista británico (BRC, British Retail Consortium)**

<http://www.brc.org.uk>

**Codex Alimentarius**

<http://www.codexalimentarius.net>

**Autoridad para la seguridad alimentaria europea (EFSA, European Food Safety Authority)**

<http://www.efsa.europa.eu/>

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)**

<http://www.fao.org/>

**Servicio de inspección y de seguridad alimentaria (FSIS, Food Safety and Inspection Service)**

<http://www.fsis.usda.gov>

**Agencia de estándares alimentarios (FSA, Food Standards Agency)**

<http://www.food.gov.uk/>

**Ley de modernización de la inocuidad de los alimentos (FSMA) estadounidense**

<http://www.fda.gov/food>

**Global Food Safety Initiative (GFSI)**

<http://www.mygfsi.com>

**Análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP)**

<http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/HACCP/>

**Comité internacional de cadenas comerciales de alimentación (CIES, International Committee of Food Retail Chains)**

<http://www.life-sciences-france.com/>

**Estándares internacionales para los alimentos  
(IFS, International Featured Standard)**

<http://www.ifs-certification.com>

**ISO 22000:2005: estándar del sistema de gestión de  
seguridad alimentaria**

<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso22000.htm>

**Código del Safe Quality Food Institute (Instituto para  
la calidad segura de los alimentos, SQF)**

<http://www.sqfi.com/standards>

**Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
(USDA)**

<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>

**Agencia de alimentos y medicamentos de Estados  
Unidos (FDA)**

<http://www.fda.gov>

**Organización Mundial de la Salud (OMS)**

<http://www.who.int/en/>

**Organización mundial para la seguridad en los alimentos**

<http://www.worldfoodsafety.org/>

# Elaboración de un programa eficaz

Cuando una empresa de fabricación ha tomado la decisión de implantar un nuevo programa de detección de metales o mejorar uno existente, es esencial que se asegure de que el plan se inicia de la forma más eficiente posible. En este capítulo se ofrecen directrices prácticas para la elaboración de un programa eficaz.

## 7

## Elaboración de un programa eficaz

- 7.1 Requisitos del programa
- 7.2 Elementos y controles clave
- 7.3 Documentación del programa
- 7.4 Conocimientos, conciencia y formación

### 7.1 Requisitos del programa

La adopción de un programa de detección de metales debe ser una decisión estratégica importante de la organización, ya que de lo contrario, existe el riesgo de que no se le dé la importancia debida y no se mantenga de forma eficaz.

El diseño y la implementación del programa deben estar regidos por:

- Las distintas necesidades y objetivos de la organización.
- La gama de productos.
- Los procesos empleados.
- El tamaño y la estructura de la organización.

El programa tiene que ser proactivo en lugar de reactivo y debe usarse para evitar la contaminación desde el principio, en lugar de limitarse a detectarla cuando se produce.

El objetivo debe ser mantener el control sobre todo el proceso, desde la determinación de la calidad de los ingredientes suministrados hasta el tratamiento de las quejas de los clientes y los consumidores.

### 7.2 Elementos y controles clave

Es importante que los responsables de la definición y documentación del programa de detección de metales comprendan en profundidad los fundamentos del funcionamiento y las capacidades del equipo. De este modo, se evitarán decepciones con el rendimiento en cuanto el equipo esté operativo (consulte los capítulos del 1 al 4 para obtener más información).

Si no se identifica desde el principio la solución de detección de metales más adecuada, es posible que los esfuerzos posteriores encaminados a implementarla sean estériles.

Una vez comprendidos los fundamentos de funcionamiento y seleccionada la solución de detección de metales más adecuada para la aplicación en cuestión, es importante comprender las cuestiones más amplias y los elementos esenciales que deben implantarse para que el programa sea eficaz.

Los controles concretos incluidos en el programa deben basarse en un análisis de los riesgos y su frecuencia de aparición, y también deben tenerse en cuenta la naturaleza y el tamaño de la empresa.

En la tabla 7a se destacan los elementos clave y se remite a los capítulos pertinentes de esta guía en los que se repasan con detalle los requisitos correspondientes:

Elemento clave	Capítulo
Prevención de la contaminación por metales	8
Selección de los puntos de control	9
Sensibilidad operativa	10
Instalación y puesta en servicio	11
Validación, verificación y supervisión del rendimiento	12
Tratamiento de productos sospechosos y rechazados	13
Análisis de datos y mejora del programa	14
Datos, conectividad y mejora del rendimiento	15

Tabla 7a: elementos de un programa eficaz de detección de metales

## 7.3 Documentación del programa

El programa de detección de metales se debe documentar como un conjunto de políticas y procedimientos controlados. El alcance y detalle de estos procedimientos debe reflejar el tamaño y la complejidad de la organización, además de corresponderse con sus líneas de comunicación.

En el caso de las organizaciones pequeñas, puede que sea posible establecer todos los controles necesarios englobados en un único procedimiento operativo. En cambio, en las de mayor tamaño, probablemente sea más aconsejable integrar dichos requisitos en el sistema de gestión de la seguridad alimentaria y la calidad existente.

Los programas de detección de metales más eficaces se establecen, documentan, manejan y mantienen en el marco de un sistema estructurado de gestión de la seguridad alimentaria. A su vez, este debe estar respaldado por las actividades de gestión general de la organización.

La documentación pertinente y significativa es de vital importancia si se investiga a una empresa debido a la queja de un cliente. En tales circunstancias, la documentación apropiada aportará pruebas de las medidas de seguridad empleadas en los procesos de producción.

### 7.3.1 Política de detección de metales

La cúpula directiva deberá definir y documentar la política de detección de metales de la empresa. Dicha política debe ser:

- Apropiaada al papel de la organización, en relación con su posición en la cadena alimenticia.
- Compatible con los requisitos de calidad y seguridad alimentaria normativos, comerciales o corporativos aplicables.
- Comunicada, implementada y mantenida debidamente en todos los niveles de la empresa.
- Revisada continuamente en cuanto a adecuación.
- Sustentada por objetivos medibles.

- Un punto de referencia para las acciones que se deben emprender en el caso de que se rechace un producto y se produzcan anomalías en el sistema de detección de metales.

### 7.3.2 Responsabilidades y autoridad

La dirección debe garantizar que todas las responsabilidades y autoridades estén claramente definidas y se comuniquen en el seno de la empresa para asegurarse de que el funcionamiento y mantenimiento del programa de detección de metales sean eficaces.

Todo el personal de la empresa tendrá la responsabilidad de informar de las situaciones peligrosas relacionadas con el funcionamiento efectivo del programa de detección de metales, así como de saber a quién debe informar de dichos problemas.

### 7.3.3 Procedimientos documentados

A fin de que el programa sea eficaz, los procedimientos deben ser:

- Adecuados para las necesidades organizativas de la instalación en lo que atañe a seguridad alimentaria.
- Adecuados para el tamaño y el tipo de la operación.
- Adecuados para la naturaleza de los productos que se fabrican o manipulan.
- Implementados en todo el sistema de producción como programas aplicables en general o aplicables a un producto o línea de producción en concreto.
- Aprobados por los responsables de seguridad alimentaria.

### 7.3.4 Registros

Se deben establecer y mantener procedimientos de registro que demuestren la conformidad con los requisitos y que, además, aporten pruebas de la eficacia de funcionamiento del programa de detección de metales.

Los registros deben ser legibles, fácilmente identificables y recuperables, independientemente de si se encuentran en copia impresa o en formato electrónico.

Un procedimiento documentado debe definir los sistemas necesarios para el mantenimiento y control adecuados de los registros, que abarque:

- La identificación.
- El almacenamiento.
- La protección.
- La recuperación.
- El tiempo de retención.
- La eliminación de residuos.

## 7.4 Conocimientos, conciencia y formación

El personal que desempeñe tareas que afecten a la eficacia del programa de detección de metales debe demostrar un nivel de conocimientos fundamentado en su formación teórica y práctica, sus aptitudes y su experiencia.

El personal debe ser consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades, además de ser conscientes de cómo pueden contribuir estas actividades a alcanzar la seguridad alimentaria.

Se debe mantener un registro adecuado de la formación teórica y práctica, las aptitudes y la experiencia.

# Prevención de la contaminación por metales

Cada pieza de metal que se evita que entre en el proceso de producción supone un éxito del 100 %.

No obstante, ningún sistema de detección podrá nunca alcanzar un nivel del 100 %. La contaminación de los ingredientes, la ausencia de mantenimiento preventivo y las prácticas laborales deficientes durante la instalación y las operaciones cotidianas son causas frecuentes de la contaminación por metales, por lo que este capítulo ofrece directrices prácticas sobre cómo prevenir dicha contaminación desde el principio.

## 8

## Prevención de la contaminación por metales

- 8.1 Contaminación de los ingredientes
- 8.2 Procedimientos de mantenimiento
- 8.3 Buenas prácticas de fabricación

### 8.1 Contaminación de los ingredientes

Si se inspeccionan las materias primas de los proveedores cuando lleguen a la línea de producción, se eliminarán muchas piezas de metal de gran tamaño que se detectan con facilidad antes de que se descompongan en numerosos fragmentos más pequeños y más difíciles de detectar debido al procesamiento de la línea de producción.

Además, hay otras piezas metálicas de gran tamaño (en forma de aspas rotas y otros elementos importantes) que también pueden penetrar en el proceso de producción de alimentos en la propia línea de producción del fabricante, lo que genera un contaminación por metales adicional.

Por lo tanto, la mejor estrategia consiste en implantar dos programas de detección de metales diferenciados: uno en la propia línea de producción del fabricante y otra para supervisar todas las materias primas suministradas por los proveedores externos.

Por consiguiente, todos los proveedores deben asumir toda la responsabilidad de la calidad de los productos que suministran mediante la implementación de su propio programa eficaz de detección de metales.

Los acuerdos con los proveedores o las especificaciones de los distintos ingredientes deben establecer claramente los estándares de sensibilidad operativa aplicables, así como cualquier otra precaución específica que el proveedor deba adoptar. Todo esto dependerá del tipo de producto, por lo que pueden incluir instrucciones como:

- El material en forma de polvo debe pasarse por un sistema de detección de metales.
- La carne cruda sin procesar no se debe etiquetar con etiquetas metálicas.
- No se deben usar envases grapados.

## 8.2 Procedimientos de mantenimiento

Existe un riesgo intrínseco de contaminación por metales cada vez que un producto pasa de un proceso de producción al siguiente. Elementos como los trituradores, agitadores, mezcladores, rebanadores, tamices y sistemas de transporte pueden ser fuentes de contaminación si no se mantienen como es debido.

También hay posibilidades de introducir contaminación cuando se efectúan programas de mantenimiento o se realizan instalaciones nuevas. Por lo tanto, para que cualquier programa de detección de metales funcione de forma eficaz, realizar un mantenimiento preventivo en condiciones controladas resulta de vital importancia.

Los procedimientos empleados en el mantenimiento deben presentar las siguientes garantías:

- La seguridad y la calidad del producto no se ponen en peligro durante las operaciones de mantenimiento e instalación.
- Se debe disponer de un programa de mantenimiento planificado y documentado para toda la empresa.
- El personal de mantenimiento dispone de instrucciones que indican las tareas del mantenimiento previsto, incluidos procedimientos de desmontaje y ensamblaje.
- El personal ha recibido formación sobre dichas instrucciones. Esta formación la debe impartir el fabricante del equipo o el propio personal de la empresa que haya sido formado previamente por el fabricante.
- Todos los contratistas y técnicos externos deben ser informados de las prácticas de fabricación y los niveles de higiene de la empresa (y cumplirlos).
- Se han aplicado las disposiciones necesarias para garantizar que las tareas se realizan y finalizan a tiempo, y que se marcarán si no se llevan a cabo por alguna razón.
- Se llevará a cabo una comprobación completa de todos los sistemas pertinentes tras cualquier reparación, tarea de mantenimiento o ajuste.
- Se dispone de suministro para la gestión de piezas de repuesto y equipos de sustitución.

Es fundamental que los posibles riesgos (como, por ejemplo, la maquinaria defectuosa) se notifiquen en cuanto se detecten, por lo que debe estar claro a quién se le debe informar de tales problemas. Una vez que las partes involucradas hayan recibido esta información, es importante que se emprendan con prontitud las medidas correctivas necesarias.

Además, los procedimientos de mantenimiento deben revisarse a la luz de los nuevos sucesos notificados, sobre todo con el objeto de hacer las revisiones adecuadas para que estos no se vuelvan a producir. Gracias a este proceso, los procedimientos y los hábitos de trabajo necesarios se mantendrán dinámicos y eficaces.

### 8.2.1 Programa de mantenimiento preventivo planificado

El programa de mantenimiento preventivo planificado debe tener como objetivo limitar el desgaste y deterioro del equipo que pudiera ocasionar contaminación por metales o producir una reducción del rendimiento de la línea. Para que dicho programa sea eficaz, el grado y la frecuencia del mantenimiento se deben basar en:

- El historial de averías de la planta.
- Las recomendaciones del fabricante del equipo.
- Los requisitos de lubricación.
- La importancia del equipo en el proceso de fabricación.
- La evaluación de riesgo de los puntos críticos en los cuales puede producirse la contaminación por metales.
- La identificación del equipo susceptible de desgastarse y deteriorarse, por ejemplo cojinetes, aspas de rebanadores y picadoras, recipientes de mezcla, tamices, etc.
- Los modelos para efectuar predicciones (si procede).

### 8.2.2 Documentación y registros

Deben conservarse los registros del mantenimiento realizado, así como de las consiguientes acciones correctoras. Esta información se puede usar con buenos resultados al revisar la eficacia del programa de mantenimiento planificado y de la resolución de incidentes.

Lo ideal es que el estado del mantenimiento esté indicado en el propio equipo para garantizar la máxima visibilidad. Como norma general, esta información debe incluir la fecha de la última revisión, quién la efectuó y la fecha en la que se debe realizar la próxima.

### 8.2.3 Buenas prácticas de ingeniería

Se pueden producir trozos de metal (como, por ejemplo, virutas y limaduras metálicas) al reparar, modificar o instalar equipos. Siempre existe un riesgo de que este metal se introduzca en el producto (y lo contamine). No obstante, dicho riesgo se puede reducir en gran medida si el personal de mantenimiento recibe formación sobre seguridad e higiene de los alimentos y si el trabajo se lleva a cabo con arreglo a buenas prácticas de ingeniería.

Los siguientes ejemplos constituyen buenas prácticas de ingeniería:

- Siempre que sea posible, el trabajo técnico se debe realizar lejos de las zonas de producción y, preferiblemente, en el taller. Las tareas de soldadura, perforación y remachado nunca se deben efectuar en equipos que se usan en el proceso de producción. Dichos procesos tampoco deberían realizarse en ningún equipo inmediatamente adyacente a equipos de producción, a menos que se coloque una pantalla de protección adecuada. En el caso de los trabajos de mayor envergadura o las instalaciones nuevas, puede que resulte necesario instalar pantallas de protección completas, del suelo al techo.
- Los talleres se deben mantener limpios y ordenados, barriéndolos o pasándoles el aspirador al menos una vez al día. La metodología preferente consiste en efectuar la limpieza a medida que se vaya ensuciando. Los repuestos y equipos se deben almacenar en una ubicación elevada sobre el suelo para facilitar la limpieza. El equipo usado en el taller se debe mantener en buenas condiciones de funcionamiento debe estar sujeto a la misma limpieza periódica.

- Mediante los métodos adecuados (como, por ejemplo, imanes, aspiradores, etc.), todo equipo al que se le haya efectuado una operación de reparación o mantenimiento en el taller debe limpiarse a conciencia para eliminar cualquier residuo antes de devolverlo a la zona de producción.
- Si el taller se encuentra en el entorno de producción, se colocará un felpudo rascador (o un objeto similar) alrededor del taller, con un cartel de advertencia que solicite claramente al personal que se limpie el calzado antes de salir del taller.
- El personal que efectúe reparaciones en las líneas de producción debe disponer de una caja de herramientas cerrada para las herramientas, las tuercas, los pernos, los tornillos, etc. Se deben usar bandejas metálicas u otros recipientes claramente marcados para contener los elementos de fijación y el resto de los componentes que se extraigan o sustituyan durante las operaciones técnicas. Las cajas de herramientas deben mantenerse limpias y sin ningún artículo innecesario que pueda ser peligroso para la producción.
- Una vez finalizadas las reparaciones, la instalación y la puesta en servicio dentro de la zona de producción, se debe inspeccionar de forma independiente el equipo y la zona circundante, para confirmar que la limpieza se ha efectuado conforme a los procedimientos acordados. Se debe cumplimentar la documentación pertinente que indique que el personal designado ha comprobado que las líneas de producción están limpias y que la producción puede reanudarse (es decir, deberá usarse un sistema una autorización explícita).
- No se debe usar cinta adhesiva ni alambre (es decir, soluciones temporales) en la reparación del equipo. Los accesorios deteriorados y los tornillos flojos o perdidos se deben reparar con rapidez y de forma permanente. Se deben eliminar con seguridad y rapidez cualquier residuo metálico, así como cualquier otro posible contaminante. Se deben revisar las fijaciones del equipo por si faltase alguna, en cuyo caso se repondrá. Se deberán usar tuercas autoblocantes o fijaciones de seguridad similares siempre que sea posible (las tuercas autoblocantes contienen un aro de nailon que fija el tornillo).
- Siempre que sea posible las tuercas, los pernos y las arandelas, las mallas de tamiz, etc., usados en el equipo de procesamiento de alimentos deben estar fabricados de acero inoxidable magnético.

procesos de producción específicos, pero las medidas siguientes hacen referencia de forma efectiva a los riesgos que se pueden pasar por alto fácilmente:

- En los documentos en circulación en la zona de producción no deben utilizarse clips ni grapas.
- No se deben usar chinchetas en los tabloncillos de anuncios.
- No se debe permitir la entrada de horquillas, relojes ni joyas en las zonas de producción (en ocasiones, se puede hacer una excepción con los anillos de boda sencillos).
- Las prendas de seguridad no deben tener bolsillos exteriores.
- El personal solo deberá llevar apósitos o vendas que se puedan detectar como metal para facilitar su detección si se pierden en el proceso de producción.
- El personal solo deberá usar bolígrafos, redecillas del pelo, orejeras y equipo auxiliar que sean detectables como metal para facilitar su detección en caso de que se extravíen.
- Los envases que contengan productos deben estar cubiertos en todo momento.
- Las líneas de transporte que lleven envases abiertos deben estar cubiertas hasta que estos se cierren o tapen.

### 8.3 Buenas prácticas de fabricación

Los efectos personales y los objetos de trabajo como, por ejemplo, las herramientas y los componentes, suponen un riesgo real de contaminación si no existe concienciación ni buenas prácticas de trabajo. Todo el tiempo que se emplee en identificar los posibles riesgos, en definir unas buenas prácticas de trabajo y en aprovisionarse de los equipos adecuados se verá recompensado con una disminución del riesgo de contaminación.

Deben implementarse políticas de personal claras y concisas que se deberán comunicar de forma periódica para garantizar que el personal permanece al tanto de los procedimientos correctos (y que los pone en práctica de forma constante).

A continuación, se exponen ejemplos de lo que constituyen unas buenas prácticas de fabricación. Existen sin duda muchas más medidas específicas de control propias de industrias, empresas o



# Selección de los puntos de control

El Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP) es un método sistemático y preventivo para la protección de los productos ante los peligros biológicos, químicos y físicos. Esta protección se proporciona dentro del contexto de los procesos de producción que pueden ocasionar que el producto acabado no sea seguro. El HACCP aporta directrices sobre cómo reducir los riesgos a un nivel seguro.

## 9. Selección de los puntos de control

- 9.1 Realización de un análisis de riesgos
- 9.2 Determinación de puntos críticos de control (PCC)
- 9.3 Establecimiento de límites de control
- 9.4 Establecimiento de los procesos de supervisión
- 9.5 Establecimiento de acciones correctoras
- 9.6 Establecimiento de procedimientos de conservación de registros documentados
- 9.7 Verificación
- 9.8 Páginas web de referencia sobre el sistema HACCP

Se considera que las técnicas de HACCP contribuyen en gran medida al establecimiento de un programa de detección de metales eficaz; y un análisis de los riesgos puede ser de gran ayuda para la identificación de posibles fuentes de contaminación.

Además, el análisis de riesgos ofrece la información necesaria para establecer los puntos de inspección necesarios y, al mismo tiempo, proporciona orientación sobre la solución de detección de metales más adecuada para los riesgos identificados.

En este capítulo no se pretende enseñar los principios fundamentales del método de HACCP, sino facilitar una orientación práctica sobre dónde usar sistemas de detección de metales y cómo usar esta guía como apoyo del proceso de HACCP. Al final del capítulo se incluyen algunos enlaces de información útil sobre el HACCP.

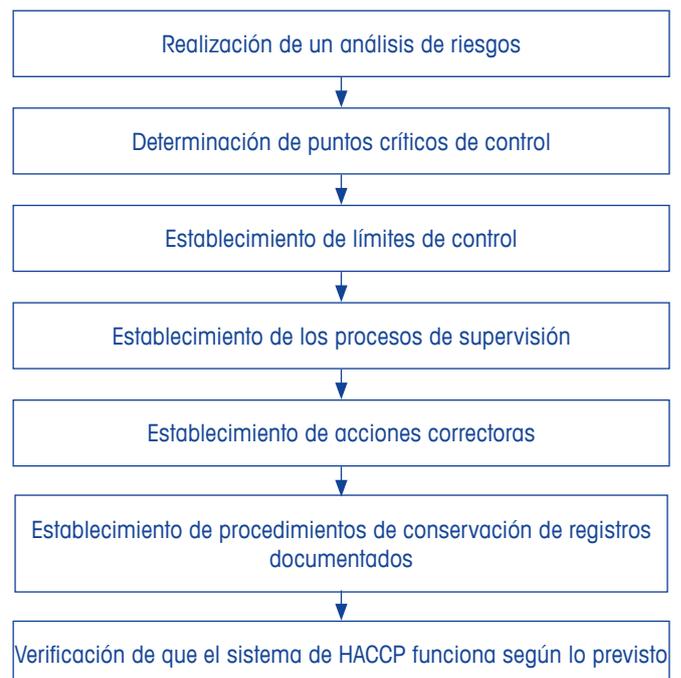


Tabla 9a: etapas clave del análisis HACCP 7

## 9.1 Realización de un análisis de riesgos

Todas las empresas deben efectuar un análisis de riesgos para cada producto que fabriquen, con el fin de evaluar el riesgo de contaminación por metales que se produzca durante el proceso de producción.

Las buenas prácticas exigen que se identifiquen y evalúen todos los riesgos que sea razonable esperar (incluidos aquellos relacionados con los procesos e instalaciones usados).

Un análisis de riesgos exhaustivo debe identificar las posibles fuentes de contaminación y los tipos de metales que es probable que se detecten. Esta información será de gran ayuda en la selección del sistema de detección de metales adecuado de modo que, por ejemplo, si un productor fabrica pasteles de carne y cebolla, el análisis de riesgos puede mostrar posibles riesgos por:

- La contaminación al preparar la carne y las cebollas debida a la rotura de cuchillas.
- La contaminación de la salsa de carne y la masa del pastel debido a espas de batido rotas.
- Los cabezales de llenado que han caído en los pasteles.
- Las virutas de las bandejas de aluminio para alimentos.
- Los residuos de tamices procedentes de las líneas de ingredientes secos.

Este solo es un ejemplo sencillo de cómo se pueden identificar los posibles riesgos de contaminación gracias al análisis de riesgos, el cual debe destacar el tipo de metal que podría ocasionar contaminación. Cuando se identifica un riesgo de contaminación por metales y se define un sistema de detección de metales como medida de control necesaria, este se debe considerar un punto crítico de control (PCC) y se debe incluir en el plan de HACCP.

## 9.2 Determinación de puntos críticos de control (PCC)

Al determinar los puntos críticos de control (PCC), se debe tener en cuenta que es importante identificar y eliminar la contaminación cuanto antes en el proceso de fabricación. Este enfoque está en consonancia con unas buenas prácticas de fabricación y con los programas de HACCP.

El HACCP no se basa solamente en la comprobación de productos acabados para garantizar la seguridad alimentaria. Al contrario: integra el concepto de seguridad alimentaria en el proceso de fabricación y se basa en controles de proceso para evitar o reducir la presencia de riesgos conocidos en un producto alimentario hasta un nivel aceptable.

Si se sabe que el contaminante metálico se desplaza por todo el proceso de fabricación, existe el peligro de que pueda causar daños al equipo de procesamiento en procesos posteriores. También existe el riesgo de que, al desplazarse por el todo el proceso de fabricación, las partículas metálicas se descompongan en trozos aún más pequeños, lo cual dificultaría su detección en procesos posteriores de la línea de producción. Estas circunstancias podrían producir mayores costes de desperdicio debido a la cantidad de procesamiento que se ha invertido en el producto una vez que este ha llegado al final de la cadena.

Si el proceso de inspección exige una manipulación adicional, entonces no será nunca completamente seguro. Siempre que sea posible, se deberá integrar el sistema de detección de metales en el

flujo normal del producto por la línea de producción. De esta forma, se evitan las posibles confusiones sobre si se han inspeccionado o no ciertos artículos, así como la omisión del proceso de inspección.

Como mínimo, se deberá considerar como punto crítico de control el final de cada línea de producción. El punto ideal se encuentra inmediatamente después del punto de envasado, en línea con el flujo principal de producción. De esta manera, se reduce considerablemente la posibilidad de la presencia de metal posteriormente.

Si el punto crítico de control anterior no es factible, el sistema de detección de metales se deberá situar tan cerca como sea posible del punto de envasado final, en línea con el flujo principal de producción. En tales casos, es posible que el fabricante deba obtener la aprobación de su cliente.

En aquellas situaciones en las que no sea factible realizar la detección de metales en los envases acabados (como, por ejemplo, en el caso de alimentos enlatados), se deben establecer sistemas de control alternativos (consulte el capítulo 4) y acordarlos con el cliente. Entre estos tipos de sistemas de control, se incluyen los sistemas de detección de metales de tubería o de rechazo de productos.

Si los productos aptos se deben retirar manualmente del transportador para los procesos de envasado manuales, se debe instalar una protección adecuada para cubrir la zona desde el detector hasta el punto de rechazo. Esta protección debe proporcionar una cobertura suficiente de todo el tramo entre el transportador y el sistema de rechazo para evitar que los operadores retiren artículos para envasar antes de que hayan pasado por el dispositivo de rechazo.

## 9.3 Establecimiento de límites de control

Una vez identificados los puntos críticos de control es importante definir los límites críticos. En el caso del sistema de detección de metales, estos límites están relacionados con la sensibilidad operativa, el funcionamiento del mecanismo de rechazo y cualquier función de seguridad a prueba de fallos integrada en el proceso. En el capítulo 3 de esta guía se exponen los factores que limitan la sensibilidad, mientras que en el capítulo 10 se explica cómo definir y documentar el estándar de sensibilidad operativo real.

## 9.4 Establecimiento de los procesos de supervisión

Una vez establecidos los límites de la sensibilidad operativa, es importante verificar de forma periódica la capacidad del sistema de detección de metales para detectar y rechazar productos contaminados según el estándar de sensibilidad operativo (o por encima de este). En el capítulo 13 de esta guía se facilita una orientación práctica sobre cómo definir los programas adecuados de comprobación y auditoría.

## 9.5 Establecimiento de acciones correctoras

Si en el proceso de supervisión se detecta que el punto crítico de control no funciona según los límites críticos acordados, se debe implementar un proceso de acciones correctoras claramente

definido. En el capítulo 14 de esta guía se facilita una orientación sobre las acciones que se deben emprender si falla el sistema de detección de metales o si se detecta contaminación por metales.

## 9.6 Establecimiento de procedimientos de conservación de registros documentados

Una conservación de registros eficiente y precisa es esencial para la aplicación de un sistema de HACCP. Conforme a las directrices del Codex, la conservación de registros y de la documentación debe adecuarse a la naturaleza y el tamaño de la operación, así como ser suficiente para ayudar a la empresa a verificar la implementación y el mantenimiento de los controles de HACCP. Aunque requiere un esfuerzo considerable, el programa de conservación de registros pone a disposición referencias para la trazabilidad del historial de producción de un producto acabado. Los registros de los estudios de validación y verificación deben conservarse como prueba de que se han llevado a cabo correctamente. Dichos registros se pueden usar como herramienta para avisar al operador de posibles problemas antes de que estos provoquen la infracción de un límite crítico. Además, los registros pueden servir de prueba de que se siguen los procedimientos adecuados.

## 9.7 Verificación

Se debe tener en consideración el HACCP en el contexto de la validación y verificación del sistema de detección de metales. La "validación" se puede definir como la evaluación de si el plan o la operación tienen fundamento desde el punto de vista científico y técnico. Asimismo, confirma que los riesgos, los límites críticos, la supervisión y las acciones correctoras se han establecido correctamente. Suele ser preciso volver a realizar la validación si se modifican los métodos o procesos de fabricación (es decir, determinar si el plan de HACCP garantizará la producción de alimentos seguros). El fabricante del equipo original (o su representante) pueden ofrecer un valioso apoyo para el proceso de validación, ya que garantizan que se defina la especificación correcta del equipo (consulte los capítulos del 2 al 4) y, además, prestan servicios de instalación y puesta en servicio profesionales (consulte el capítulo 12 para obtener más información).

El plan de HACCP y su funcionamiento se debe verificar anualmente. La "verificación" se puede definir como la evaluación de que el plan se cumple correctamente, así como la confirmación de que se sigue el procedimiento de supervisión. Este proceso hace referencia a la aplicación de métodos, procedimientos y comprobaciones (además de otras evaluaciones aparte de la supervisión) para determinar la conformidad con el plan acordado. El fabricante del equipo original (o su representante) puede ofrecer asesoramiento y orientación sobre las formas más adecuadas de verificar el sistema de detección de metales y prestar servicios de verificación (es decir, comprobar si el plan de HACCP funciona y se están produciendo alimentos seguros). (Consulte el capítulo 12 para obtener más información).

Si se presenta habitualmente algún tipo concreto de contaminación, esta cuestión se deberá comentar con el fabricante del detector (preferiblemente, en el curso de una visita a la planta), junto con toda la información pertinente, ya que esto podría ser importante a la hora de seleccionar el tipo de detector más adecuado para la aplicación en cuestión.

Por último, el plan de HACCP debe estar actualizado en todo momento y reflejar cualquier cambio. Un cambio es cualquier elemento del plan de HACCP que suponga una diferencia con respecto a la última realización del estudio. Se debe establecer un programa de revisión y desencadenantes de revisiones. Entre dichos desencadenantes se pueden incluir, sin carácter excluyente:

- Los cambios en las materias primas.
- La introducción de un nuevo producto en la línea de producción.
- El cambio de proveedor de materias primas.
- La modificación de la disposición, el entorno o el equipo.
- Las retiradas de productos o los cambios en la legislación.

## 9.8 Páginas web de referencia sobre el sistema HACCP

### HACCP de los Países Bajos

<http://www.foodsafetymanagement.info>

### Food Standards Agency (Agencia de estándares alimentarios del Reino Unido)

<http://myhaccp.food.gov.uk/>

### Comparación de los fundamentos del HACCP

<http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/00-014R/HACCPPrinciples.pdf>

### Los siete fundamentos del HACCP del USDA

<http://www.fsis.usda.gov/oa/background/keyhaccp.htm>

### Guía de la FDA de EE. UU. sobre el HACCP

<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/HACCP/>

### OMS/CODEX HACCP

<http://www.who.int/foodsafety/publications/haccp-principles/en/>



# Sensibilidad operativa

En el capítulo 3 se han explicado los factores que limitan la sensibilidad, por lo que en el presente capítulo se destaca la necesidad de una sensibilidad operativa máxima. Asimismo, se proporcionan directrices prácticas relacionadas con la definición de los estándares de sensibilidad de la empresa.

## 10 Sensibilidad operativa

- 10.1 Necesidad de un rendimiento máximo en la sensibilidad operativa
- 10.2 Definición del rendimiento de la sensibilidad operativa
- 10.3 Definición de un estándar de sensibilidad
- 10.4 Documentación del estándar de sensibilidad

### 10.1 Necesidad de un rendimiento máximo en la sensibilidad operativa

Lo ideal es configurar los sistemas de detección de metales a la sensibilidad máxima, sin restar estabilidad ni fiabilidad, con el objeto de conseguir una protección óptima del consumidor. El objetivo general debe ser mejorar en todo momento la capacidad de detección de metales, siempre que sea posible.

Una ligera reducción de la sensibilidad operativa puede tener un efecto importante en el rendimiento del sistema de detección de metales, aunque esta es una cuestión que muchos usuarios rara vez aprecian.

Si se identifica que el alambre es un posible contaminante, lo mejor es hacer funcionar el detector con la sensibilidad más alta posible, con el fin de minimizar el impacto causado por el "efecto de orientación" descrito en el capítulo 3.

Los códigos de marca de comerciantes y consumidores impuestos por organizaciones externas pueden dictar las sensibilidades operativas, y se deben considerar siempre los estándares aceptables mínimos. Se aplicarán estándares más restrictivos si es factible, pues ello se considera una buena práctica de fabricación.

Es importante que el sistema de detección de metales sea capaz de mantener un funcionamiento eficaz, fiable y prolongado a la sensibilidad operativa programada. De lo contrario, los operadores perderán la confianza en el punto de control y puede presentarse una tendencia a reducir el ajuste de la sensibilidad para evitar molestos falsos rechazos.

La sensibilidad y fiabilidad máximas que se pueden conseguir dependen en última instancia de la calidad y fiabilidad del tipo de detector (consulte el capítulo 2 y la tabla 3b para obtener más información).

## 10.2 Definición del rendimiento de la sensibilidad operativa

La mejor sensibilidad que se puede conseguir depende del tamaño y tipo del producto, así como del material del envase, y para seleccionar esta sensibilidad óptima, se debe consultar a un representante del fabricante del detector de metales.

A la hora de determinar la sensibilidad operativa (o de comparar las funciones de distintos detectores de metales) es importante tener en cuenta estos factores:

- Debe poderse mantener el rendimiento de la sensibilidad operativa de forma permanente sin que se requiera la atención de un operador. Una unidad inestable que requiera una atención constante carece de valor.
- El detector no debe rechazar ningún artículo apto debido a señales de falsos rechazos procedentes del propio producto, de las vibraciones de la planta u otras influencias externas.

Para conseguir el mejor rendimiento de la sensibilidad en productos envasados, los materiales del envase deben carecer de componentes metálicos como, por ejemplo, grapas y otros contaminantes metálicos que pueden aparecer en cartón reciclado de baja calidad.

Para cada ajuste de producto se debe establecer la mejor sensibilidad que se pueda alcanzar.

Si la señal de la muestra de comprobación es grande, en comparación con el punto en el que se dispara el detector de metales (el "umbral de detección"), se puede afirmar que el margen de detección es adecuado. Normalmente, esto se puede verificar observando el nivel de detección en la interfaz de usuario del detector de metales (si se parte de la base de que la pantalla ofrece una representación precisa de la señal de detección).

## 10.3 Definición de un estándar de sensibilidad

El fabricante del producto debe encontrar un equilibrio entre el deseo de maximizar el rendimiento de la sensibilidad operativa y las cuestiones prácticas de la implantación y la puesta en práctica. Por este motivo, el nivel de rendimiento debe estar basado en una evaluación de riesgos y, en última instancia, es una decisión del fabricante.

El estándar de sensibilidad se ajusta habitualmente en uno o más de los siguientes niveles:

- Para toda la empresa.
- Para un producto concreto.
- Para un grupo de productos o una línea de producción específica.

El establecimiento de un estándar de sensibilidad puede ser relativamente fácil para los fabricantes de artículos pequeños y secos como, por ejemplo, dulces, pero resulta más difícil cuando se produce una amplia gama de artículos con efectos de producto distintos.

### Estándar de sensibilidad válido para toda la empresa

Es normal que los productores apliquen un estándar común a toda la empresa en las distintas líneas de producción y productos. El estándar de sensibilidad se aplicará a detectores muy diversos de distintos tipos, fabricantes, antigüedad y niveles de fiabilidad.

La desventaja de disponer de un estándar de sensibilidad común en tales circunstancias es que la sensibilidad no se aprovecha al máximo para una aplicación o producto dado. Y lo que es peor, es posible que el estándar de la empresa venga dictado por el mínimo denominador común, es decir, el rendimiento más bajo de sensibilidad o el detector menos eficiente.

No obstante, si se acuerda un estándar mínimo de la empresa para la inspección de productos acabados, se puede evitar la posibilidad de que el detector se instale en un punto inadecuado dentro de una línea de producción. Un ejemplo de este tipo de problema consiste en que se considere inspeccionar las cajas acabadas en lugar de inspeccionar cada uno de los artículos que se deben introducir en ellas, ya que el detector más grande necesario para dar cabida a la caja del producto tendrá una sensibilidad menor, debido a su mayor tamaño.

### Estándar de sensibilidad específico para un producto

A fin de maximizar la sensibilidad operativa, se debe estudiar la opción de definir estándares de sensibilidad para productos específicos, aunque lo ideal sería mantener al mínimo el número de configuraciones para los distintos productos. Cuantas más opciones se le presenten al operador, mayor será la probabilidad de que cometa un error al seleccionar los parámetros de producto correctos.

### Estándar de sensibilidad para un grupo de productos o línea de producción específica

Cuando los productos son parecidos, se suele definir el estándar de sensibilidad a partir de un producto o grupo de productos o de líneas de producción independientes.

La definición de estándares de sensibilidad a partir de un producto o grupo de productos o de una línea de producción puede servir para identificar aquellos detectores con un rendimiento deficiente.

La tecnología más reciente permite agrupar varios productos "automáticamente" en una sola configuración de producto o en un número mínimo de ellas. Además de evitar el riesgo de seleccionar el producto incorrecto al cambiar de producto, este método de agrupación contribuye a mantener o mejorar las tasas de OEE, ya que el tiempo que se tarda en cambiar de producto se reduce a la mínima expresión.

## 10.4 Documentación del estándar de sensibilidad

El estándar de sensibilidad se debe expresar como el tamaño mínimo de esfera detectable, que se debe representar mediante el diámetro nominal de la esfera y el tipo de material (por ejemplo, 1 mm de diámetro, acero inoxidable 316). Como se ha comentado en el capítulo 3, es importante indicar el tipo de material real (p. ej.: metal férrico, no férrico o acero inoxidable) y no únicamente el nombre genérico (p. ej.: metal) debido a las diferencias existentes en cuanto a permeabilidad magnética y conductividad eléctrica entre los distintos tipos de materiales que engloba la clasificación con el nombre genérico.

El tamaño de esfera mínimo detectable debe definirse con respecto a la altura de la abertura del detector de metales y el tipo de producto o aplicación. Los tipos de productos o aplicaciones más habituales son:

- Productos secos.
- Congelados.
- Productos frescos y conductores.
- Productos húmedos y descongelados.
- Productos envasados en láminas metalizadas.

El estándar de sensibilidad debe estar documentado formalmente (controlado y autorizado) y se debe comunicar de forma efectiva a toda la organización. Además, debe estar disponible para todo el personal de verificación debidamente cualificado.

### 10.4.1 Estándares de sensibilidad de comerciantes

Los códigos de conducta de los comerciantes y las principales marcas suelen definir los estándares de sensibilidad mínimos que deben conseguir sus proveedores en sus productos. En la tabla 10a se muestran ejemplos de estándares de sensibilidad de los comerciantes más importantes para productos secos, húmedos y envasados en lámina metalizada.

Altura del producto	Férrico	No férrico (latón)	Acero inoxidable (316)
Hasta 25 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm
25 mm-75 mm	2 mm	2,5 mm	3,5 mm
75 mm-125 mm	2,5 mm	3 mm	4 mm
125 mm-175 mm	3 mm	3,5 mm	4,5 mm

Tabla 10a: ejemplo de los estándares de sensibilidad de un importante comerciante

Los avances tecnológicos y, en concreto, el desarrollo de la tecnología de sintonización de frecuencia multisimultánea (MSF) ultra alta han mejorado considerablemente la capacidad de detección de productos secos (tabla 10b) y productos húmedos o productos envasados en lámina metalizada (tabla 10c).

Altura del producto	Férrico	No férrico (latón)	Acero inoxidable (316)
Hasta 25 mm	0,5-0,6 mm	0,6-0,8 mm	0,8-1 mm
25 mm-75 mm	0,6-0,8 mm	0,8-1 mm	1-1,2 mm
75 mm-125 mm	0,8-1 mm	1-1,2 mm	1,2-1,5 mm
125 mm-175 mm	1-1,2 mm	1,2-1,5 mm	1,5-1,8 mm

Tabla 10b: estándares de sensibilidad típicos para productos secos con la tecnología de sintonización a frecuencia ultra alta

Altura del producto	Férrico	No férrico (latón)	Acero inoxidable (316)
Hasta 25 mm	0,8-1 mm	1,2-1,5 mm	1,5-1,8 mm
25 mm-75 mm	1-1,2 mm	1,5-1,8 mm	1,8-2,2 mm
75 mm-125 mm	1,2-1,5 mm	1,8-2,2 mm	2,2-2,5 mm
125 mm-175 mm	1,5-2 mm	2,2-2,8 mm	2,5-3 mm

Tabla 10c: estándares de sensibilidad típicos para productos húmedos o productos envasados en lámina metalizada con la tecnología de MSF



# Instalación y puesta en servicio

Una vez que el fabricante ha identificado la necesidad de adquirir un sistema de detección de metales, se debe dedicar la debida atención a garantizar que el equipo se instale correctamente. Además, se deben efectuar de forma adecuada las tareas de mantenimiento, comprobación y reparación a lo largo de toda la vida útil del equipo. Deben elaborarse registros objetivos de todas estas actividades, que se guardarán para su uso futuro.

## Instalación y puesta en servicio

- 11.1 Instalación
- 11.2 Validación, verificación y mantenimiento del sistema

### 11.1 Instalación

La ubicación y el entorno donde se pretende instalar el detector de metales pueden tener un efecto negativo en su rendimiento operativo, por lo que se deben consultar las instrucciones de instalación del fabricante antes de la instalación y mientras esta se realiza. De esta forma, se garantiza que se obtiene el mejor rendimiento posible del sistema y, asimismo, se reduce al mínimo el riesgo de falsos rechazos durante el funcionamiento.

Las instrucciones proporcionadas por el fabricante del sistema contendrán mucha más información que la incluida en esta guía. No obstante, los principios generales se pueden aplicar a la mayoría de los sistemas de detección de metales, y su conocimiento resultará de ayuda para la selección de un equipo, su especificación e instalación.

#### **La orientación básica abarca:**

#### **Procedimiento de levantamiento y desplazamiento de los detectores**

Es posible que se sienta tentado a mover o levantar el detector sirviéndose de la abertura, ya que puede que su forma incite en cierto modo a usarla para tales propósitos, pero las superficies internas de la abertura no suelen ser estructurales, por lo que no pueden sostener el peso de todo el detector. Por lo tanto, para evitar daños, no deben pasar nunca cintas elevadoras ni equipos de sujeción por la abertura del detector para transportarlo ni manipularlo.

#### **Acceso al equipo**

El equipo se debe situar de manera que pueda accederse a él cómodamente desde todas partes para facilitar su limpieza, mantenimiento y funcionamiento. Además, no debe haber ninguna necesidad de desmontarlo durante las operaciones programadas.

#### **Mantenimiento de la zona sin metal despejada**

La zona sin metal del detector se debe mantener despejada de metales. Además, se deben respetar los requisitos concretos del fabricante del detector de metales en relación con las piezas metálicas móviles y fijas. Si se tienen en cuenta estos factores al realizar la instalación, el rendimiento del detector de metales mejorará y será homogéneo y fiable.

## Vibración e impactos mecánicos

En la medida de lo posible, los sistemas de detección de metales no se deben instalar en zonas sometidas a vibraciones ni impactos mecánicos, ni cerca de ellas. En los casos en que estas circunstancias no puedan evitarse, deberá procurarse reducir estos efectos al mínimo.

## Interferencia electromagnética

El ruido eléctrico irradiado generado por los sistemas eléctricos circundantes puede afectar negativamente al rendimiento del sistema hasta el punto de que este presente un funcionamiento errático y pueda, por ejemplo, producir falsos rechazos. Esto puede resultar muy caro y provocar una pérdida de confianza del operador. Por lo tanto, en la medida de lo posible, los sistemas no deben instalarse cerca de ningún dispositivo (como, por ejemplo, radiotransmisores) que emita interferencias electromagnéticas. Todos los variadores y motovariadores cercanos al detector se deberán instalar conforme a las instrucciones del fabricante.

Siempre que sea posible, los cables de los variadores, motovariadores, etc., se mantendrán alejados del detector o de sus cables. En especial, se debe tener cuidado de no colocar el detector cerca de equipos que generen interferencias electromagnéticas en el mismo rango de frecuencia que este.

## Fuente de alimentación limpia

El ruido del cable de alimentación puede tener su origen en cualquier cambio perceptible de la carga en la red eléctrica que alimenta al sistema. Este efecto puede influir negativamente en el rendimiento del sistema, hasta el punto de que este puede presentar un comportamiento errático (por ejemplo, con falsos rechazos). La mejor alimentación eléctrica posible para un detector de metales es la que se toma de una fuente que alimenta únicamente equipos de baja potencia. Además, no debe estar conectada a otras fuentes de alimentación con carga variable.

## Conformidad con las normativas de la instalación

La instalación del detector de metales debe cumplir en todos sus aspectos la legislación pertinente y aplicable del país en el que se instala el equipo.

## Puesta en servicio del sistema

Antes de ponerlo en funcionamiento, el sistema de detección de metales instalado se debe poner en servicio para garantizar que:

- La instalación cumple las recomendaciones del fabricante.
- El sistema funciona según lo previsto.
- Todo el personal pertinente ha recibido formación en lo que respecta al uso correcto y seguro del sistema.

La tabla 11a es una lista de comprobación de los elementos que deben tenerse en cuenta durante la puesta en servicio del sistema:

### Lista de comprobación

El equipo y la documentación relacionada se han entregado correctamente.	✓
El equipo se ha instalado en buenas condiciones.	✓
El equipo se ha instalado correctamente.	✓
El funcionamiento del equipo es el adecuado para la instalación.	✓
El equipo es capaz de detectar y rechazar de forma fiable con el estándar de sensibilidad definido.	✓
Los operarios han recibido una formación básica mínima (manejo, cuidado y mantenimiento).	✓

Tabla 11a

Se recomienda que el proceso de puesta en servicio obligatorio lo realice un técnico cualificado del fabricante del equipo original (o su representante). Gracias a la experiencia adquirida en otras instalaciones, los ingenieros pueden identificar con antelación posibles problemas, de forma que se puedan efectuar las acciones correctoras durante el propio proceso de puesta en servicio.

Antes de la puesta en funcionamiento, se debe documentar el proceso para demostrar que todos los aspectos fundamentales del sistema de detección de metales instalado están debidamente cualificados. Esta cualificación se considerará específica para la ubicación y el entorno de trabajo concretos donde se haya realizado la instalación.

Deberá estudiarse la recualificación de la instalación si se efectúan modificaciones sustanciales en la instalación del sistema o en su entorno, o si el equipo se traslada a una ubicación distinta. Las características de funcionamiento del sistema de detección de metales se deben volver recualificar antes de poner en funcionamiento productos revisados o nuevos en la instalación existente. Se redactará la documentación pertinente como prueba de realización de este proceso.

## 11.2 Validación, verificación y mantenimiento del sistema

Es esperable que el detector de metales suministrado incluya un conjunto de documentos de validación del rendimiento para respaldar la instalación y configuración iniciales. Dichos documentos o paquetes de instalación (IPacs) están diseñados para garantizar que el equipo se puede instalar correctamente y que se puede realizar un mantenimiento adecuado a lo largo de toda su vida útil. De este modo, el equipo podrá funcionar con un rendimiento óptimo y con un tiempo de actividad máximo. El programa de mantenimiento preventivo debe incluir controles periódicos de mantenimiento y de verificación del rendimiento, efectuados por personal debidamente cualificado.

Los IPacs pueden ayudar en el proceso de auditoría:

- Cumpliendo los límites de los puntos críticos de control.
- Aportándole las herramientas necesarias para supervisar el rendimiento de los puntos críticos de control.
- Proporcionando un enfoque sistemático para la documentación y la conservación de registros.
- Garantizando que el sistema funcione en condiciones óptimas ahora y en el futuro.

Normalmente, el proceso de verificación debe realizarse cada 6-12 meses, y lo ideal es que lo lleve a cabo un técnico cualificado, según lo establecido en un contrato de servicio acordado. Un técnico experimentado puede identificar de forma periódica los posibles puntos conflictivos del equipo y del programa, así como sugerir las correspondientes soluciones antes de que se conviertan en un auténtico problema.

Se debe emitir un certificado de verificación del rendimiento para cada componente del equipo que se audite. Con el tiempo, esto se convertirá en un completo registro de verificación del rendimiento del sistema que se puede usar para probar la diligencia debida y la conformidad con las normativas, en sintonía con las exigencias de sus clientes. El sistema también sirve de ayuda a los auditores externos para que puedan comprender las medidas de seguridad aplicadas y si se han cumplido los estándares. De este modo, se simplifican los procedimientos y se garantiza que siempre se cumplan o superen los requisitos de auditoría. Consulte el capítulo 12 para obtener más información sobre la validación, verificación y supervisión del rendimiento.

### **11.2.1 Mantenimiento de la cinta**

Hay ciertas sustancias (como fragmentos de metal, líquidos, etc.) que pueden adherirse a la cinta transportadora y, si el detector de metales las detecta, es probable que ocasionen detecciones imprevistas, lo que suele transmitir la impresión de que el detector funciona de forma errática o de que no funciona correctamente. Para reducir al mínimo la posibilidad de que esto ocurra:

- No se deben realizar operaciones que produzcan fragmentos metálicos (como, por ejemplo, soldaduras, taladrados o recortes metálicos) en las proximidades del transportador. De lo contrario, dichas operaciones pueden provocar que los fragmentos metálicos entren en contacto con el transportador.
- Las cintas transportadoras deben limpiarse periódicamente.
- Si se debe sustituir una cinta, no se debe usar una cinta antiestática (consulte el capítulo 4.1.1 para obtener más información).



# Validación, verificación y supervisión del rendimiento

Este capítulo ofrece orientación sobre los elementos esenciales del procedimiento de validación y verificación. La definición y el uso de estos términos pueden variar de una organización a otra. Independientemente de la terminología, se requieren unas directrices claras para garantizar que este procedimiento de validación, verificación y supervisión sea continuo y forme parte del plan de HACCP local.

## 12 Validación, verificación y supervisión del rendimiento

- 12.1 Procedimiento de validación
- 12.2 Procedimiento de verificación
- 12.3 Instalaciones nuevas
- 12.4 Análisis predictivos
- 12.5 Supervisión del sistema (comprobaciones)
- 12.6 Frecuencia de las comprobaciones
- 12.7 Número de comprobaciones
- 12.8 Métodos de comprobación de la sensibilidad del detector y del dispositivo de rechazo
- 12.9 Rechazo del producto durante una comprobación de verificación normal
- 12.10 Comprobación de sistemas a prueba de fallos / sistemas transportadores
- 12.11 Programas de verificación y supervisión del rendimiento
- 12.12 Resultados de las comprobaciones

### 12.1 Procedimiento de validación

Se deben validar todos los equipos de detección de metales en el momento en el que el fabricante o su representante los instale. Deben demostrar, mediante la aportación de pruebas objetivas, que se han cumplido los requisitos para el uso o la aplicación previstos. Si se producen modificaciones sustanciales posteriormente, se deberá llevar a cabo una revalidación de la máquina.

### 12.2 Procedimiento de verificación

Se deberá verificar periódicamente cualquier sistema de detección de metales (normalmente, a intervalos de entre 6 y 12 meses) para demostrar la diligencia debida. Además, la verificación garantizará que:

- El sistema sigue funcionando de acuerdo con el estándar de sensibilidad especificado.
- Continúa rechazando producto contaminado al detectar contaminación.
- Todos los dispositivos de advertencia/señalización adicionales son eficaces (p. ej., condiciones de alarma, confirmación de rechazo).
- Los sistemas de seguridad a prueba de fallos instalados funcionan correctamente.
- Se cumplen todos los estándares de seguridad actuales.

El procedimiento de verificación debe garantizar el cumplimiento del estándar de sensibilidad de empresa/línea/producto y las políticas de detección de metales. Todos los equipos de detección de metales se deben verificar de forma independiente, como mínimo, de forma anual.

#### 12.2.1 Auditorías de verificación

Cuando las auditorías del sistema de detección de metales las llevan a cabo técnicos de mantenimiento cualificados, pueden prestar un valioso servicio adicional. Este tipo de auditorías respaldan el programa global de detección de metales garantizando que el equipo cumple las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas. Un experto en detección de metales puede a menudo detectar posibles problemas (y sugerir soluciones) antes de que estos sean visibles para el usuario.

La verificación del rendimiento la debe realizar el fabricante del equipo o su agente designado, quienes pueden demostrar sus conocimientos aportando certificados de formación válidos y actualizados en relación con el equipo en cuestión (marca y modelo). El certificado debe ser a título personal y no debe referirse únicamente a la organización que el técnico en cuestión representa. Cuando esto no sea posible, podrá realizar el procedimiento una empresa independiente que pueda aportar pruebas de sus conocimientos.

### 12.2.3 Programas de rendimiento integrados

Un sistema de detección de metales con programas integrados de verificación y supervisión del rendimiento puede servir de ayuda para la elaboración de registros y la disciplina de los procedimientos de comprobación. Estos programas pueden solicitar automáticamente una prueba a intervalos de tiempo acordados y preestablecidos.

El encargado de comprobaciones autorizado debe introducir un número personal de acceso en el detector para que la comprobación se pueda realizar con las muestras de comprobación adecuadas. Si no se comprueba el equipo en el intervalo de tiempo acordado, las consecuencias podrían ser muy variadas. Se puede obtener documentación impresa que certifique la ejecución de la prueba a través de una impresora local o, de manera alternativa, descargándola a un PC central si el detector puede conectarse a red.

### 12.2.4 Pruebas documentales

Se deben adjuntar copias de los certificados de formación o certificaciones de conocimientos de todo el personal externo a todos los certificados de validación del rendimiento emitidos de cada uno de los detectores de metales comprobados.

### 12.2.5 Verificación anual

La verificación anual debe ser mucho más profunda que limitarse a repetir las comprobaciones de validación diarias programadas que se llevan a cabo en cada uno de los emplazamientos. Estos controles de verificación deben estar armonizados con los requisitos generales basados en el HACCP, estar completamente documentados e incluir, como mínimo:

- Los parámetros iniciales de fábrica del detector de metales (a los que el usuario no puede acceder).
- Controles de la instalación eléctrica y mecánica.
- Controles de la funcionalidad del sistema, incluido el cumplimiento de los límites críticos especificados.
- Controles de la información relacionada con el producto.
- Controles de la funcionalidad a prueba de fallos.
- Controles de verificación de los patrones de prueba de los clientes.
- La verificación de que el personal de la línea de producción está cualificado y experimentado en la realización de los PNT relativos a las comprobaciones de verificación y supervisión locales.

Se debe realizar un resumen de las comprobaciones de verificación y se debe comentar una indicación del rendimiento desde la última comprobación, así como cualquier posible deterioro durante el año anterior y el posterior.

Además de lo anterior, un ingeniero de comprobaciones también debe verificar la forma en que se verifica y supervisa el sistema

auditando a un miembro del personal de producción (al azar) con respecto a la realización de las comprobaciones periódicas del detector de metales según lo detallado en los PNT de las fábricas para la supervisión de los PCC.

## 12.3 Instalaciones nuevas

El fabricante debe validar las nuevas instalaciones de detectores de metales y haber implantado el proceso de verificación y supervisión antes de iniciar la producción. Una vez hecho todo esto, se deben conservar los registros y cumplir la frecuencia normal de verificación y supervisión.

## 12.4 Análisis predictivos

Existe un método más fiable y válido para determinar si un sistema de detección de metales continúa detectando y rechazando conforme al estándar de sensibilidad, que consiste en la realización continua de controles en busca de cambios en los parámetros clave de funcionamiento del detector de metales. Si se puede supervisar la estabilidad de los parámetros clave de funcionamiento mediante la supervisión de estado, se puede reducir la frecuencia de las comprobaciones más allá del periodo existente, con la atractiva ventaja que supondría el consiguiente aumento de la OEE de los usuarios.

Existen en el mercado algunos detectores de metales que ofrecen funciones de supervisión continua (consulte la sección 2.1.7). No obstante, a la hora de plantearse su uso, es importante asegurarse de que el sistema alerte automáticamente a los usuarios en cuanto se produzca un cambio imprevisto en el parámetro supervisado. En el caso de que se produzca un cambio inaceptable, el sistema deberá solicitar una comprobación de verificación y emitir una alarma de parada. No obstante, si el sistema permanece dentro de las especificaciones hasta que se active la alerta automática, las ventajas para el usuario pueden ser considerables.

## 12.5 Supervisión del sistema (comprobaciones)

Para garantizar que el sistema de detección de metales continúa detectando y rechazando conforme al estándar documentado, el objetivo de la comprobación es asegurarse de que no se haya producido ningún cambio significativo en el nivel de rendimiento del detector desde la última comprobación de verificación superada satisfactoriamente. Estos cambios podrían producirse como resultado de modificaciones en:

- Los ajustes de la máquina.
- La señal del producto.
- La funcionalidad del detector de metales.

Es importante seleccionar los tipos de contaminación metálica adecuados para las comprobaciones, ya que la relevancia de un cambio en la configuración de la máquina, en la señal del producto o en la funcionalidad de detección de metales puede variar en función del tipo de contaminación por metales.

Por ejemplo, puede ser factible que la fase del producto cambie hasta el punto de que se mantenga la sensibilidad operativa para el acero inoxidable, aunque se pierda sensibilidad para los metales férricos. No obstante, si la comprobación se efectúa solamente con acero inoxidable, no se tendrá indicación alguna de la pérdida de sensibilidad operativa para la contaminación por metales férricos.

En ocasiones, se facilita orientación sobre el tamaño de las esferas de metal no férrico y de acero inoxidable que se pueden detectar, a partir del tamaño real de la esfera férrica detectada. Por ejemplo:

- **1,5x tamaño de la esfera férrica = tamaño detectable de la esfera de acero inoxidable (a 300 kHz)**
- **1,2x tamaño de la esfera férrica = tamaño detectable de la esfera de acero inoxidable (a 800 kHz)**

No obstante, estas generalizaciones deben tratarse con precaución. Las relaciones reales son mucho más dependientes de la aplicación e, incluso cuando se dispone de información sobre una aplicación concreta, es posible que los supuestos y las aproximaciones necesarios limiten la precisión de la información obtenida.

En realidad, la relación entre un tipo de contaminación y el otro es compleja, y se basa en:

- El tamaño de las bolas de prueba.
- El material.
- La frecuencia de funcionamiento del detector de metales.
- El ajuste de fase del detector de metales (es decir, si se trata de un producto conductor o no conductor).

Por las razones descritas anteriormente, las buenas prácticas consisten en realizar comprobaciones de supervisión con los tres tipos de contaminación (es decir, por metales férricos, no férricos y acero inoxidable), siempre que todos ellos sean posibles fuentes de contaminación.

Sin embargo, si esto no resulta factible, se podría llegar a un compromiso centrandolo las comprobaciones de contaminación por metales férricos en aplicaciones con productos secos (incluidos los metales no férricos a frecuencias superiores) y las comprobaciones de contaminación por acero inoxidable en productos húmedos y conductores.

La razón de que este sea el procedimiento recomendado es que es más probable que estas comprobaciones destaquen los cambios de fase y sensibilidad que afectan a la capacidad de detección. El grado de compromiso depende en última instancia de:

- La estabilidad del detector de metales.
- La uniformidad del producto.
- El grado de control sobre las intervenciones del operador (es decir, los cambios de ajustes).

Independientemente de las orientaciones que se proporcionen, lo más útil será, sin duda, el conocimiento propio de la planta y la realización de comprobaciones con el producto real. A partir de las evaluaciones de riesgos ya efectuadas (consulte el capítulo 9), se deben conocer los posibles tipos de contaminación metálica de cada instalación de fabricación concreta. Gracias a este conocimiento, se deben determinar los siguientes factores:

- ¿Cuáles son los tipos de contaminante más difíciles de detectar?
- ¿Cuál es la peor ubicación de detección posible de cada contaminante?

Esta información permitirá elaborar el método de comprobación más eficaz para cualquier aplicación concreta.

En última instancia, como mínimo, las comprobaciones de tipos de contaminación concretos deben cumplir los códigos de los clientes externos, los de los comerciantes, o las políticas o requisitos de comprobación específicos de las empresas.

## 12.5.1 Tipos de muestras de comprobación que se deben usar

Se pueden usar muestras de comprobación solas (sin producto) para cualificar el funcionamiento de un sistema de detección de metales. Sin embargo, para supervisar el rendimiento real en la producción, lo ideal es que se encuentren dentro del producto o firmemente sujetas al producto envasado.

Las muestras de comprobación constan de un cojinete de bolas de precisión encapsulado en un soporte no metálico y no conductor. Estos cojinetes de bolas están fabricados de diferentes materiales, que representan las distintas fuentes de contaminación posibles.

Se recomienda comprar las muestras de comprobación a proveedores de detectores de metales que las fabriquen de conformidad con un sistema de certificación de calidad como, por ejemplo, la certificación ISO9001:2000 para el suministro de muestras de comprobación.

Las muestras de comprobación deben certificarse y marcarse de forma permanente con el tamaño de la esfera, el material y el número de referencia específico del lote. Esta información posibilita la trazabilidad hasta el lote de fabricación original del fabricante de cojinetes de bolas de precisión. Asimismo, la certificación debe indicar:

- El número de referencia.
- El diámetro nominal de la esfera.
- El material.
- El estándar de fabricación que cumple la muestra de comprobación.

En la tabla 12a se enumeran algunos de los tipos de muestra de comprobación más corrientes, que se ilustran en la figura 12.1.

Tipo de soporte genérico	Aplicación típica
Tarjeta de prueba	Se usa para líneas con transportador con productos envasados individuales.
Bastoncillo de prueba	Se usa para líneas con cinta transportadora con productos envasados individuales o a granel.
Pastilla de prueba	Se usa en aplicaciones farmacéuticas y nutracéuticas.
Bola de prueba	Se usa para la inspección alimentada por gravedad de polvos y gránulos.
Varilla de comprobación	Se usa para la inspección alimentada por gravedad de polvos y gránulos, y para la inspección de líquidos, pastas y fluidos alimenticios en los que no se puede recuperar la muestra de comprobación.

Tabla 12a: tipos comunes de muestras de comprobación disponibles

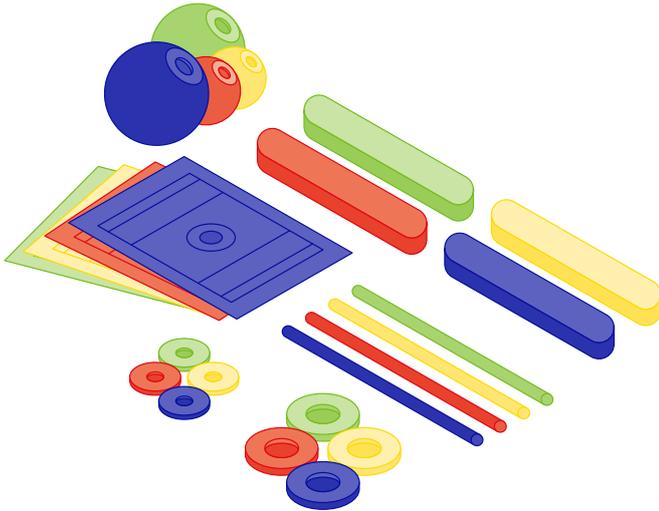


Figura 12.1

Algunos proveedores de detectores de metales pueden suministrar muestras de comprobación para aplicaciones concretas y, además, podrán ofrecer orientación sobre el tipo de soporte más adecuado para la muestra de comprobación de una aplicación determinada.

El procedimiento de supervisión debe definir por completo las muestras de comprobación que se deben usar, incluido el tipo de material concreto (p. ej.: férrico, no férrico, latón, aluminio y acero inoxidable de grado 316) y no solo el nombre genérico (p. ej.: acero inoxidable). Esto se debe a las diferencias existentes en cuanto a la permeabilidad magnética y la conductividad eléctrica (consulte la sección 3.2).

Las muestras de comprobación se deben inspeccionar visualmente siempre antes de usarlas, con el fin de garantizar que sean aptas para su fin. Si existe alguna duda sobre la integridad de cualquier muestra de comprobación concreta, esta se deberá sustituir.

## 12.5.2 Colocación de las muestras de comprobación

La colocación preferente para una muestra de comprobación es aquella en la que tiene la menor posibilidad de ser detectada (que puede ser en la parte delantera, en el medio o en la parte posterior del paquete), y que se debe haber identificado en la fase de puesta en servicio. Por lo tanto, es importante definir con claridad la colocación de las muestras de comprobación en los procedimientos y en los estándares de sensibilidad de la empresa.

Además de colocar la muestra de comprobación en la parte delantera, en el medio o en la parte posterior del paquete, esta siempre debe pasar lo más cerca posible del centro geométrico de la abertura (es decir, en la posición de menor sensibilidad). En la mayoría de los casos, constituirá un problema para el sistema de detección de metales que la colocación de la muestra de comprobación dentro o sobre el paquete de producto o de prueba.

La posición de las muestras de comprobación es un factor importante para comprobar correctamente el dispositivo de rechazo y su funcionalidad de temporización. En los métodos

de comprobación incluidos en la sección 12.8 de esta guía se ofrecen más directrices sobre la colocación de las muestras de comprobación.

## 12.5.3 Uso eficaz de los paquetes de prueba

Los paquetes de prueba se suelen usar en líneas de inspección de productos envasados (figura 12.2), y el procedimiento de comprobación debe definir y recoger los siguientes requisitos:

- El método para controlar que los paquetes carecen de contaminación antes de introducir o adosar las muestras de comprobación.
- El método de preparación del paquete de prueba, incluida la posición o ubicación de la muestra de comprobación dentro o sobre el paquete.
- La frecuencia con la que deben prepararse los paquetes de prueba, con el fin de reflejar la naturaleza, la duración y el periodo de conservación del producto. Lo ideal es preparar el paquete de prueba desde cero para cada lote de producción, ya que el envejecimiento del producto puede afectar a la sensibilidad, por lo que el resultado podría no ser representativo del producto real que se fabrica.
- El método para etiquetar los paquetes de prueba (por ejemplo, marcándolos con cinta adhesiva de color), de forma que no se introduzcan en la cadena de distribución por accidente.

Para comprobar los sistemas de seguridad a prueba de fallos del detector de metales, se pueden usar paquetes de prueba que no sean de alimentos, pero estos deben ser representativos del tamaño, la forma y el peso de los productos alimentarios que se procesan en la línea en cuestión.

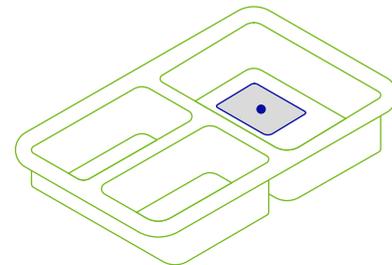


Figura 12.2

## 12.6 Frecuencia de las comprobaciones

En los procedimientos se debe recoger claramente en qué momento se debe efectuar la comprobación programada dentro del ciclo de fabricación. Se debe estudiar la implementación de comprobaciones de verificación en las siguientes etapas:

- Al principio y al final de la producción o turno diarios.
- A intervalos regulares durante la producción, según sea necesario.
- Al cambiar los lotes de producción.
- Al cambiar los ajustes de las máquinas.
- Después del tiempo de inactividad por reparación.

En las secciones de la 12.6.1 a la 12.6.5, se detallan las cuestiones que se deben tener en cuenta para cada una de las etapas anteriores.

### 12.6.1 Principio y fin de la producción o turno diario

Se debe considerar la realización de comprobaciones al principio y al final de la producción o turno diarios. Esto garantizará que el sistema de detección de metales detecte y rechace conforme al estándar de sensibilidad y que cualquier otro sistema de advertencia adicional (p. ej.: el indicador de llenado del contenedor de rechazo) funcione correctamente.

Además, si se han incluido funciones de seguridad a prueba de fallos en las especificaciones del sistema, estas se deben verificar al inicio de cada turno. Si se detecta algún fallo, se deberá corregir antes de que empiece la producción o el turno diarios.

### 12.6.2 Intervalos regulares durante el ciclo de producción

La frecuencia de las comprobaciones durante un ciclo de producción se debe definir en el procedimiento, lo que dependerá en última instancia de la probabilidad y las consecuencias de una comprobación fallida. Se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Periodo de cuarentena.
- Códigos de conducta de clientes, comerciantes y marcas (si procede).
- Margen de detección.
- Diseño del sistema a prueba de fallos.
- Supervisión automática de sistemas.

#### Periodo de cuarentena

El periodo de cuarentena hace referencia al tiempo que el producto permanece en las instalaciones tras la última comprobación satisfactoria y, si fuera preciso, se puede impedir la expedición de dicho producto.

El periodo de comprobación siempre deberá ser más corto que el de cuarentena porque, en el caso de una comprobación fallida, el producto fabricado desde la última comprobación satisfactoria aún seguirá en las instalaciones de la empresa. En tal caso, se podrá identificar y aislar en espera de que se le realicen las acciones pertinentes (consulte el capítulo 13 para obtener más información).

#### Códigos de conducta de clientes, comerciantes y marcas

Es posible que los códigos de conducta de clientes, comerciantes y marcas especifiquen una frecuencia de comprobación que se deba cumplir.

#### Margen de detección

Cuando hay un buen margen de detección (consulte el capítulo 11) y se tiene la certeza de que el sistema funcionará a prueba de fallos en caso de que surja un problema, se puede reducir la asiduidad con la que llevar a cabo comprobaciones del rendimiento. Esto se basa en el hecho de que, incluso aunque se produzcan pequeños cambios en la fase y la sensibilidad, el detector de metales seguirá pudiendo detectar con facilidad las muestras de comprobación especificadas. Esta decisión solo se tomará cuando el margen de detección se pueda cuantificar y los riesgos asumidos se consideren aceptables.

En la práctica, el estándar de sensibilidad se puede aplicar a muchos detectores distintos, los cuales pueden variar según el fabricante, el tipo, la antigüedad, la fiabilidad y otros factores. Por consiguiente, es posible que el margen de seguridad no sea el mismo para todos los detectores y productos.

#### Diseño del sistema a prueba de fallos

Un diseño de sistema de seguridad a prueba de fallos y un control de acceso fiables sirven para reducir la probabilidad de pruebas fallidas y, asimismo, disminuir la frecuencia de las comprobaciones. Por ejemplo, si los operadores de la línea de producción no pueden realizar cambios en los parámetros (como bajar la sensibilidad mediante el control de acceso), la probabilidad de que falle la comprobación será menor. Asimismo, si el sistema de detección de metales solicita automáticamente una prueba cada vez que se cambia de producto, será más improbable que se inspeccione un producto con la capacidad de memoria incorrecta.

#### Comprobación automática del sistema

Se pueden emplear sistemas automáticos de comprobación, además de las pruebas manuales, cuando haya contaminantes físicos que dificulten la comprobación, es decir, en aplicaciones con sistemas de garganta, de tubería y alimentados por gravedad. No obstante, no deberían sustituir por completo a las comprobaciones manuales.

Si bien los sistemas automáticos de comprobación pueden detectar una reducción de la sensibilidad del detector de metales, no son capaces de identificar problemas del mecanismo de rechazo ni su temporización.

La comprobación automática no se puede emplear de forma continuada, ya que la detección de metal en cada paquete se vería afectada, la señal de la bola de prueba interferiría o incluso en algún caso podría anular la señal de un contaminante real.

Estos dispositivos no están ampliamente implantados en la industria alimentaria, a pesar de que las ventajas pueden resultar atractivas, ya que permiten apoyar al cliente a la hora de respaldar la eficacia global del equipo (OEE, Overall Equipment Effectiveness).

### 12.6.3 Cambios en la producción

Se debe contemplar la posibilidad de efectuar una prueba de verificación para confirmar que la detección y el rechazo se realizan según el estándar de sensibilidad, siempre que cambie el tipo de producto que pasa por el sistema de detección de metales. Esto es muy importante cuando el cambio de tipo de producto exige la selección de una capacidad de memoria distinta en el sistema de detección de metales.

### 12.6.4 Cambios en la configuración

Se deberá efectuar una prueba de verificación para confirmar que la detección y el rechazo se realizan según el estándar de sensibilidad, siempre que se modifique la configuración del sistema de detección de metales.

### 12.6.5 Después de intervalos de tiempo de inactividad por reparación

Si se han efectuado tareas de mantenimiento o reparaciones en la línea de producción en periodos de inactividad, el sistema de detección de metales y el mecanismo de rechazo se deberán volver a verificar al reanudar la producción.

Es recomendable implementar un programa de verificación del rendimiento incorporado (consulte la sección 12.2.3) cuando se den las siguientes tres circunstancias:

- Cuando se deba llevar a cabo una comprobación del rendimiento.
- Antes de reanudar el funcionamiento normal.
- En el caso de un ciclo de apagado y encendido.

## 12.7 Número de comprobaciones

El número de comprobaciones que se han de realizar debería basarse en el grado de confianza establecido durante la puesta en servicio original, momento en el que se habrán definido las capacidades del sistema de detección de metales.

Si la capacidad de detección es buena y reproducible, entonces esta confianza se trasladará a la prueba de verificación de producción, es decir, si hay un buen margen de detección en una única prueba, ¿por qué debería realizarse una segunda prueba?

Como alternativa, si el margen de detección con una muestra de comprobación es ajustado, la repetibilidad puede verse cuestionada. Si se efectúan más pruebas, se puede consolidar la confianza; sin embargo, si se realizan tres pruebas y como resultado se obtiene una detección con escaso margen y dos detecciones claras, la significación estadística de estas pruebas en una línea de elevada producción es relativa.

Estadísticamente, se podría esperar encontrar más detecciones con escaso margen o incluso algún fallo en la detección. Por lo tanto, el sistema probablemente no tiene suficiente capacidad de detección en un primer momento y se deberá tener en cuenta un aumento de la frecuencia de prueba.

La realización de tres pruebas por cada tipo de material y posición de las muestras de comprobación se considerará el nivel práctico máximo a efectos de comprobación de producción.

Sin embargo, si se ha determinado una buena capacidad de detección durante la puesta en servicio, se considerará aceptable efectuar una única prueba por cada tipo de material y posición de las muestras de comprobación.

El número de pruebas que se deben llevar a cabo por cada tipo de material dependerá, en última instancia, del nivel de significación estadística que se requiera en la empresa productora. La cantidad de comprobaciones que se han de efectuar también depende del nivel de significación estadística necesario para cumplir requisitos externos.

Algunos fabricantes de sistemas para la detección de metales incluyen un software de comprobación de varias pasadas en sus programas de prueba automatizados.

## 12.8 Métodos de comprobación de la sensibilidad del detector y del dispositivo de rechazo

Los procedimientos de comprobación deben incluir detalles concretos de los métodos que se deben usar. Estos métodos variarán en función del diseño del sistema de detección de metales y de cada aplicación.

Además de garantizar que el detector de metales funcione según el estándar de sensibilidad requerido, es importante comprobar que el dispositivo de rechazo funcione correctamente con el fin de cerciorarse de que es capaz de rechazar el producto contaminado detectado.

Por ejemplo, es habitual modificar la velocidad de los transportadores en las plantas por razones diversas. Si esto ocurre y no se ajusta la temporización del rechazo en consonancia, es posible que se rechace un producto equivocado. De igual manera, el suministro de aire de un dispositivo de rechazo por chorro de aire podría desconectarse con facilidad, lo que provocaría que el producto contaminado no se rechazara. Por consiguiente, resulta más eficaz desarrollar un método de prueba que se aplique al sistema completo de detección de metales (detector y dispositivo de rechazo) al mismo tiempo.

Para que la prueba se considere superada, todas las muestras o paquetes de comprobación se deberán detectar y rechazar correctamente a la ubicación de rechazo.

En caso de que fallase alguna etapa de la comprobación, se debería aislar el producto fabricado desde la última prueba satisfactoria y volver a inspeccionarlo con un detector que funcione correctamente (consulte el capítulo 13 para obtener más información).

### 12.8.1 Prueba de transportadores con productos o paquetes individuales

La prueba se efectuará de tal forma que, como mínimo, haya una muestra de comprobación en el borde delantero de uno de los paquetes de prueba, otra en medio de uno de ellos y una última en el borde trasero de otro paquete de prueba. Los paquetes de prueba se pasarán por la línea de producción a través del detector de metales uno detrás de otro.

(Nota: En la comprobación anterior, se asume la conformidad del sistema con el sistema original validado).

Este método de comprobación representará, por lo general, el peor de los casos. Verificará si el sistema de detección de metales es capaz de detectar y rechazar productos contaminados, con independencia de:

- La posición del contaminante en el producto.
- La capacidad del sistema para detectar contaminantes consecutivos.

En caso de que la comprobación se realice con tres tipos distintos de material contaminante:

- La muestra 1 debe colocarse en el borde delantero.
- La muestra 2 debe colocarse en el borde trasero.
- La muestra 3 debe colocarse en el medio.

Si la comprobación solo se efectúa con un tipo de material (p. ej., únicamente metal férrico, como un detector de metales férricos a través del aluminio), se han de emplear dos paquetes:

- El primer patrón de prueba debe situarse en el borde delantero del primer paquete de prueba.
- El segundo patrón de prueba debe situarse en el borde trasero del segundo paquete de prueba.

Se deberán adoptar precauciones para garantizar que los paquetes o las muestras de comprobación que no se hayan rechazado no se pierdan en el flujo del producto.

En el caso de paquetes de longitud reducida o con forma triangular, como sándwiches, puede no resultar práctico colocar las muestras de comprobación en los bordes delantero y trasero. En estos casos, las muestras deberían colocarse en la posición más conveniente que les permita pasar lo más cerca posible del centro de la abertura del detector de metales.

Con el transportador ajustado en la velocidad normal de la línea de producción, se tienen que colocar todos los paquetes en la línea de producción, como se muestra en la figura 12.3 (en una prueba de metal férrico, no férrico, aluminio y acero inoxidable).

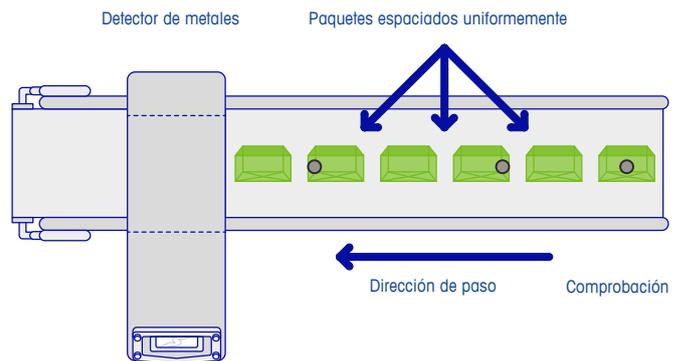
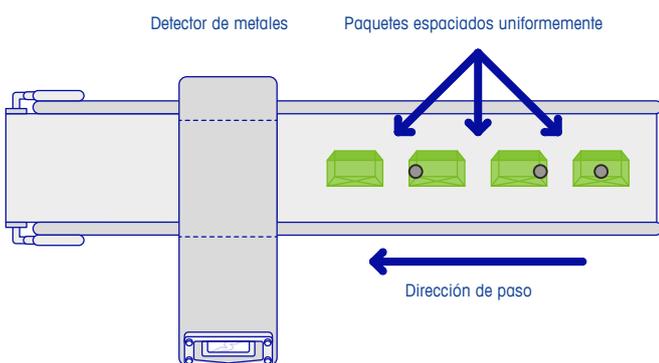


Figura 12.3

La separación entre los paquetes debe coincidir con la distancia que hay normalmente entre los productos en la línea. Además, los paquetes deben colocarse de forma que interrumpan el haz del sensor de fotodetección (es decir, el haz del sensor de paquetes), si hay alguno instalado. En el caso de productos individuales sin envasar, coloque la muestra de comprobación dentro del producto, o firmemente sujeta sobre él, en las ubicaciones especificadas.

Si hay un sistema de alarma de parada de cinta instalado, se debe pasar cada paquete individual por la línea. Para que la prueba se considere superada, el paquete de prueba se debe detectar y el transportador se debe haber parado. El sistema solo se podrá volver a iniciar mediante una llave que estará en posesión de una persona autorizada.

Se debe repetir la secuencia de comprobación para el número de comprobaciones especificado. Como se ha explicado anteriormente, los tipos de contaminación que se buscan en las pruebas y el número de estas dependen de diversos factores. En última instancia, todo ello obedece al nivel de riesgo que la empresa esté dispuesta a asumir.

## 12.8.2 Prueba de transportadores con producto a granel

Se deben adoptar las precauciones necesarias para garantizar que las muestras de comprobación no se pierdan si no se detectan o rechazan, sobre todo si el producto pasa directamente a otra máquina procesadora después del sistema de detección de metales.

Las muestras de comprobación especificadas se tendrán que colocar en el flujo del producto en el centro de la cinta uniformemente espaciadas. Se debe repetir la secuencia de comprobación para el número de comprobaciones especificado.

## 12.8.3 Comprobación de memoria

Algunos estándares o códigos de conducta del sector de los comerciantes requieren que se lleve a cabo este tipo de comprobación. La comprobación de memoria se compone de tres paquetes contaminados y dos paquetes de prueba sin contaminación, tal y como se ilustra en la segunda imagen de la figura 12.3. En teoría, los tres paquetes contaminados se rechazan y los dos sin contaminación se aceptan. Sin embargo, en multitud de casos, debido a la velocidad de la línea y a la proximidad de los paquetes, el detector no es capaz de distinguir entre paquetes contaminados y sin contaminación consecutivos. Además, si se activa la detección de amplitud, se rechazarán los

paquetes sin contaminación. En tal caso, puede que el propietario del código precise de un informe escrito por parte del fabricante del equipo en el que se afirme que este funciona según lo previsto.

### 12.8.4 Comprobación de aplicaciones de empaquetado vertical en caída libre

Lo ideal es que las muestras de comprobación se coloquen de forma independiente en el flujo del producto y se observe si el dispositivo de rechazo recoge o retira correctamente el contaminante.

Es importante comprobar que el tipo especificado de muestra de comprobación se puede recuperar en el supuesto de que no se detecte o no se rechace correctamente. En tal caso, la muestra de comprobación especificada se puede introducir en el flujo del producto para verificar el funcionamiento correcto del dispositivo de rechazo; p. ej.:

- Se forma un paquete doble.
- Se activa la alarma sonora o visual.
- La línea se detiene.

Si no se puede realizar esta comprobación, se deberá proceder a introducir una muestra de comprobación lo más cerca posible del centro de la abertura. Después, se ha de observar la respuesta del detector de metales y del mecanismo de rechazo.

En estos casos debe conocerse el gradiente de sensibilidad del detector de metales y se debe tener en cuenta en la prueba, ya que esta se va a efectuar en una parte más sensible del detector de metales que la que contiene el producto (la peor sensibilidad posible es la del centro de la abertura).

Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminación por metales.

### 12.8.5 Prueba de aplicaciones en tubería (líquidos, fluidos alimenticios y pastas)

Se recomienda que las muestras de comprobación se coloquen de forma independiente en el flujo del producto y que se observe si el dispositivo de rechazo las desvía correctamente a la posición de rechazo.

Si el equipo se ha especificado correctamente, debería haber una tobera de acceso para patrones de prueba y algún medio para recoger la muestra de comprobación en caso de que no se rechace. Si esto es así, se debe introducir la muestra de comprobación especificada en el flujo del producto y confirmar que se desvía hacia el depósito de recogida de rechazos (figura 12.4).

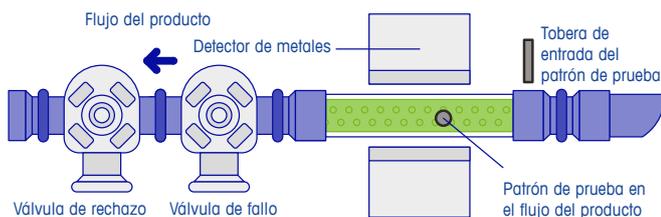


Figura 12.4

Si esto no es posible, se debe proceder a insertar una varilla de muestra de comprobación entre la tubería y la abertura del detector. La varilla de muestra de comprobación ha de colocarse lo más cerca posible del centro de la abertura. Al mismo tiempo, se observará la respuesta del detector de metales y del mecanismo de rechazo (figura 12.5). Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminación por metales.

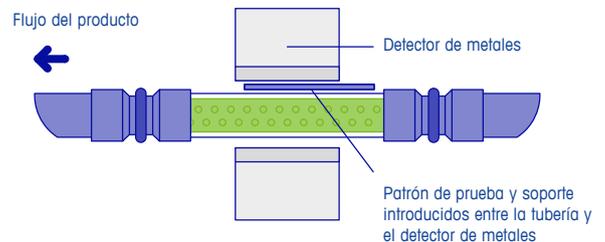


Figura 12.5

### 12.8.6 Comprobación de sistemas de inspección alimentados por gravedad (polvos y productos granulares a granel)

Se recomienda que las muestras de comprobación se coloquen de forma independiente en el flujo del producto, en el punto en el que el producto comienza a caer, y que se observe si el dispositivo de rechazo las desvía correctamente a la posición de rechazo.

Si el equipo se ha especificado de modo correcto, tras el dispositivo de rechazo debería haber una tobera de acceso para muestras de comprobación y rejillas de retención de seguridad. Con ello, se pretende poder recoger la muestra si el detector falla o si el dispositivo de rechazo no funciona correctamente.

Si los dispositivos antes mencionados se han incluido, se puede introducir la muestra de comprobación especificada en el flujo del producto. Una vez que se haya realizado este paso, se puede comprobar si se desvía al depósito de productos rechazados. Las rejillas de retención deben retirarse después de la comprobación para no limitar el flujo del producto.

Si no hay tobera de comprobación, se deberá identificar algún punto de acceso por encima del detector de metales para poder introducir la muestra de comprobación.

Este punto se encontrará lo más cerca posible de la zona en la que empieza a caer el producto; de este modo, se garantizará que la velocidad de la muestra sea idéntica a la del producto.

También se precisará de algún método para recuperar la muestra de comprobación si no se rechaza.

Se debe repetir la prueba un número concreto de veces y para cada tipo de contaminación por metales.

Los últimos avances en sistemas alimentados por gravedad permiten ahora incluir un sistema automático de comprobación para la realización frecuente de pruebas de control del rendimiento sin interrumpir la producción. Para ello, se emplea un sistema integrado que hace circular y recupera las muestras de comprobación a través de la abertura.

## 12.9 Rechazo del producto durante una comprobación de verificación normal

Si se encuentra en buenas condiciones y se ha recuperado el patrón de prueba, el producto rechazado durante las comprobaciones normales puede volverse a introducir en el flujo.

El producto ha de colocarse en la parte de la línea de producción que precede al sistema de detección de metales para que el detector pueda inspeccionarlo de nuevo.

Una vez situado en la línea de producción, este producto rechazado se deberá considerar como un producto estándar que tendrá que analizarse de la manera habitual.

## 12.10 Comprobación de sistemas a prueba de fallos / sistemas transportadores

Se establecerá un método de comprobación para cada sistema de seguridad a prueba de fallos integrado en el sistema de detección de metales.

A continuación, se ofrecen ejemplos de algunos dispositivos de seguridad a prueba de fallos que se pueden incorporar a un sistema de detección de metales (consulte la figura 12.6). Estos dispositivos también pueden integrarse en métodos de comprobación asociados.

### Chorro de aire o golpeador/empujador con confirmación de rechazo

La comprobación se debe llevar a cabo pasando un paquete de prueba por la línea, a la vez que se interrumpe temporalmente la alimentación eléctrica al solenoide del dispositivo de rechazo. Como resultado, el mecanismo de rechazo no debería funcionar y la cinta transportadora se detendría.

Durante la configuración inicial de esta comprobación, resulta fundamental que se registre la posición en la que se detiene el paquete de prueba. Si esto no ocurre dentro de la cinta del sistema de detección de metales, se deberá conectar al circuito de parada del sistema de confirmación de rechazo el transportador correspondiente que se encuentre a continuación.

Con ello, se persigue garantizar que los paquetes contaminados por metales se puedan recuperar con facilidad para su estudio después de que se haya producido un fallo en el sistema durante el ciclo de producción que haya provocado la parada de la cinta.

### Indicador de llenado del contenedor de rechazo

Este sistema se comprobará tapando el haz durante el intervalo requerido, lo cual debe ocasionar la parada de la cinta.

### Tecnología de supervisión de estado

Proporciona una advertencia anticipada de tendencias negativas que podrían conducir a un tiempo de inactividad.

### Registro de sucesos y acceso del operador de alta seguridad

El acceso a todos los controles del sistema de detección de metales está protegido por contraseña mediante una función muy

segura de inicio de sesión con nombre de usuario y contraseña individual de dos niveles. Los datos captados y mostrados en pantalla incluyen la fecha, la hora y el nombre del inicio de sesión individual.

### Control del estado de la puerta del contenedor de rechazo

Garantiza que las funciones de bloqueo y desbloqueo del contenedor de rechazo se controlan a través de la interfaz del operario del detector de metales mediante un acceso de inicio de sesión protegida por contraseña.

### Sensor de entrada de paquetes

Es esencial para la temporización y el funcionamiento óptimos del dispositivo de rechazo. Garantiza que se retiren los paquetes contaminados correctos de la línea de producción independientemente del tamaño y la posición del contaminante en cuestión.

### Reiniciación con interruptor de llave

Todos los dispositivos del sistema de seguridad a prueba de fallos que pueden provocar la detención del transportador deberían estar vinculados a un interruptor de reinicio con llave, vinculado a su vez al botón de reinicio. Solo el personal autorizado con llave debería poder reiniciar el sistema una vez identificados y rectificadas los fallos.

### Mecanismo automático de rechazo de paquetes contaminados

Existen varios mecanismos de rechazo disponibles según la velocidad de la línea, la velocidad de los paquetes, el peso de los paquetes, las dimensiones de los paquetes y la naturaleza del material del empaquetado. Los dispositivos de rechazo, por lo general, funcionan neumáticamente y se controlan mediante la entrada tanto del detector de metales como del sensor de entrada de paquetes.

### Sensor de confirmación de rechazo

Algunos estados de fallo del sistema de detección de metales pueden permitir que productos contaminados con metales pasen por el sistema sin ser rechazados. Para minimizar este riesgo, debería utilizarse un sistema de confirmación de rechazo.

### Sensor de comprobación de rechazo

La adición de un sensor de comprobación de rechazo permite controlar en tiempo real el sensor de entrada de paquetes. Esto, a su vez, supervisa el rendimiento del propio sensor de comprobación de rechazo. Por lo tanto, los sensores se supervisan mutuamente todo el tiempo. Si se produce un fallo en cualquiera de los sensores, el sistema da la alarma a tres paquetes del fallo, lo cual permite que se realicen las acciones correctoras necesarias.

### Contenedor de rechazo con sensor de contenedor bloqueado

Los sistemas de detección de metales que incluyen un dispositivo de rechazo automático deberían incluir un contenedor de rechazo con cierre. En algunos casos, el contenedor de rechazo puede dejarse sin cerrar accidentalmente, lo cual conllevaría el riesgo de que se tome producto contaminado del contenedor y se coloque de nuevo en la línea de producción después del detector de metales.

(Consulte el capítulo 17 para obtener una descripción más detallada sobre las funciones de seguridad a prueba de fallos).

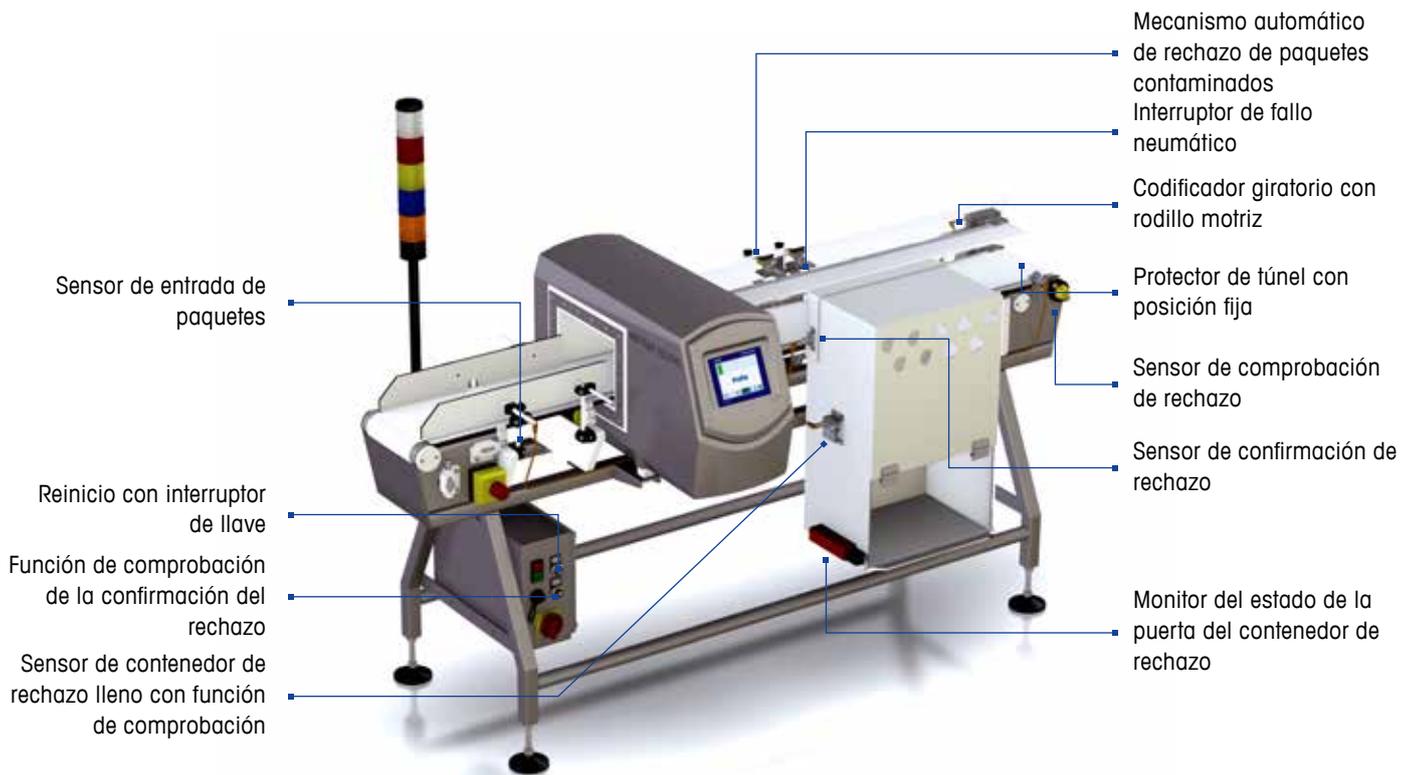


Figura 12.6

## 12.11 Programas de verificación y supervisión del rendimiento

Un sistema de detección de metales con programas integrados de verificación y supervisión del rendimiento puede servir de ayuda para la elaboración de registros y la disciplina de los procedimientos de comprobación. Estos programas pueden solicitar automáticamente una prueba a intervalos de tiempo acordados y preestablecidos.

El encargado de comprobaciones autorizado debe introducir un número personal de acceso en el detector para que la comprobación se pueda realizar con las muestras de comprobación adecuadas. Si no se comprueba el equipo en el intervalo de tiempo acordado, las consecuencias podrían ser muy variadas.

Se puede obtener documentación impresa que certifique la ejecución de la prueba a través de una impresora local o, de manera alternativa, descargándola a un PC central si el detector puede conectarse a red.

## 12.12 Resultados de las comprobaciones

Todos los resultados de las comprobaciones deben documentarse, incluidas las pruebas de seguridad a prueba de fallos, para demostrar que se han tenido en cuenta todos los requisitos del procedimiento de control de la comprobación. Estos registros deben incluir:

- Referencia de identificación exclusiva del sistema de detección de metales, como el número de serie o el número PCC
- El producto fabricado
- La fecha y hora de la comprobación

- Las muestras de comprobación utilizadas
- El nombre de la persona que ha realizado la comprobación
- El resultado de la comprobación, para la detección y para el rechazo
- El resultado de la prueba de los dispositivos de seguridad a prueba de fallos
- Los detalles del fallo y de las acciones correctoras emprendidas (si procede)
- La referencia de la línea de producción

Si falla una comprobación, o parte de una comprobación de verificación, se debe investigar inmediatamente la causa y resolverse antes de reanudar la producción.

El producto fabricado desde la última prueba satisfactoria se considerará sospechoso y se tratará en consonancia (consulte el capítulo 13). Los detalles del fallo y la consiguiente acción correctora se anotarán como parte del registro de la comprobación.

Es extremadamente importante apuntar con precisión los resultados. En el caso de que se presentase una queja de un cliente o una auditoría, el fabricante puede apoyarse en estos registros para probar que se han seguido los procedimientos correctamente y que los sistemas de detección de metales funcionan bien y con el estándar de sensibilidad acordado. (En las figuras 12.7, 12.8 y 12.9, encontrará un ejemplo de una hoja de registro típica, otra elaborada a través de USB y otra digital). Tradicionalmente, todos los informes de comprobación se registraban de forma manual, pero las soluciones y sistemas modernos ofrecen métodos de recopilación de datos (consulte el capítulo 15 para obtener más información al respecto).

Hoja de registro para el control manual del sistema de detección de metales

Identificación del sistema					Producto		
Fecha	Hora	Muestra de prueba	Prueba de detección	Prueba de rechazo	Comprobación de seguridad a prueba de fallos	Acción correctora	Comprobado por

Figura 12.7: ejemplo de una hoja de registro de control típica para rellenarla de manera manual

```

*****
      INICIO DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO
*****
Fecha           :03/08/2008
Hora            :09:11:17
Línea ID        :0002
Nombre del Usuario del Resumen :JOHN SMITH (QA)
AJUSTES ACTUALES
Nombre          :500 g Mozzarella
Sensibilidad    :896/653
Fase            :0,71
Rechazo ON      :300 ms
Detección para rechazo :450 ms
RESULTADOS DEL TEST
Material        :FÉRRICO
Tamaño         :1,0 mm
Detección       :SÍ
Intensidad de la Señal (% de Disparo) :231
Relé de rechazo :SÍ
Resultado       :PASÓ EL TEST
Material        :ACERO INOXIDABLE

```

Fecha y hora necesarias para probar la diligencia debida

Registro de personal autorizado con acceso protegido por contraseña

Detalles del producto indicado y ajustes del detector

Resultados de la comprobación, incluidos el tipo de material y los resultados de detección, de rechazos y de pruebas



Figura 12.9: ejemplo de un registro típico de gestión de datos en formato digital que se rellena por medio de software de ERP, como ProdX

Figura 12.8: ejemplo de una hoja de registro de datos típica recopilada a través de USB



# Tratamiento de productos sospechosos y rechazados

Si un sistema de detección de metales no supera una comprobación programada, se deberán considerar sospechosos todos los productos que dicho sistema haya procesado desde la última comprobación. Si el sistema de detección de metales rechaza un producto durante las operaciones programadas, se deberá considerar que dicho producto está contaminado hasta que se demuestre lo contrario. En ambos casos, se requiere un proceso claramente definido para abordar los problemas de seguridad de los productos: desde el punto de identificación, pasando por un estudio de la causa primordial hasta su resolución final.

## 13 Tratamiento de productos sospechosos y rechazados

- 13.1 Mucho más que un detector de metales
- 13.2 Autorización y rechazos
- 13.3 Acción necesaria si falla una comprobación programada
- 13.4 Tratamiento del producto rechazado
- 13.5 Acción correctora y preventiva
- 13.6 Situación de fallo del sistema de detección de metales

En este capítulo, se proporcionan directrices prácticas sobre la gestión de productos rechazados por sistemas de detección de metales. De manera intencionada, no se abarcan cuestiones más generales relacionadas con la gestión de los productos rechazados, como la identificación y la trazabilidad, la eliminación final del producto, la retirada del producto, etcétera.

### 13.1 Mucho más que un detector de metales

Aunque la instalación de un sistema de detección de metales puede reducir el riesgo, las posibilidades de que lleguen contaminantes metálicos al consumidor final siguen siendo demasiado altas en algunos casos. Las investigaciones apuntan a un error de procedimiento y del sistema, más que a un error del detector de metales, como la causa principal. La mejora de diligencia debida, que se analiza más en profundidad en el capítulo 17, aumenta el nivel de control y gestión del sistema de inspección. Esto garantiza que el punto crítico de control (PCC) proporcione no solo detección de metales de alto rendimiento, sino también unas mejores funciones de seguridad a prueba de fallos para aumentar la capacidad y el rendimiento de todo el sistema.

## 13.2 Autorización y rechazos

Solamente el personal autorizado y debidamente formado debe poder acceder al producto rechazado para emprender evaluaciones e investigaciones posteriores. Asimismo, un control adecuado debe garantizar que no se mezcle el producto rechazado con el producto válido. Con el fin de mantener este nivel de control durante la producción, se deben incluir de serie algunas características adicionales al sistema completo de detección de metales con transportador.

- **Un control del acceso a la puerta del contenedor de rechazo.** Con ello, se garantiza que las funciones de bloqueo y desbloqueo del contenedor de rechazo se controlen a través de la interfaz del operador del detector de metales y que se acceda a ellas mediante un inicio de sesión protegido por contraseña. Esta opción resulta más adecuada que el acceso con llave, que podría estar sujeto a un uso inadecuado o ausencia de control.
- **Monitor del estado de la puerta del contenedor de rechazo.** Los sistemas de detección de metales que incluyen un dispositivo de rechazo automático deberían incluir un contenedor de rechazo con cierre. En algunos casos, el contenedor de rechazo puede dejarse sin cerrar accidentalmente, lo cual conllevaría el riesgo de que se tome producto contaminado del contenedor y se coloque de nuevo en la línea de producción después del detector de metales. Los detectores de metales avanzados han de incluir una función de contenedor bloqueado que solo permita la entrada en el contenedor de rechazo durante un tiempo preestablecido. Si se deja el contenedor desbloqueado y se excede el tiempo de apertura preestablecido, se genera una señal que da la alarma y cierra el sistema transportador.
- **Sensor de confirmación de rechazo.** Algunos estados de fallo del sistema de detección de metales pueden permitir que productos contaminados con metales pasen por el sistema sin ser rechazados. Para minimizar este riesgo, debería emplearse un sistema de confirmación de rechazo. Esto se materializa en un sensor situado en la boca del contenedor de rechazo o justo después. En cuanto se detecta un metal, se puede configurar el sistema para que espere una señal más por parte del sensor de confirmación de rechazo que indique que se han rechazado uno o varios paquetes. Si no se recibe esa confirmación, el sistema dará la alarma y detendrá el transportador.
- **Sensor de comprobación de rechazo.** La adición de un sensor de comprobación de rechazo permite controlar en tiempo real el sensor de entrada de paquetes. Esto, a su vez, supervisa el rendimiento del propio sensor de comprobación de rechazo. Por lo tanto, los sensores se supervisan mutuamente todo el tiempo. Si se produce un fallo en cualquiera de los sensores, el sistema da la alarma, lo cual permite que se realicen las acciones correctoras necesarias. El buen estado de estos sensores previene los fallos de rechazo. El sensor de comprobación de rechazo también actúa como prueba de reserva para el funcionamiento del sistema de confirmación de rechazo principal.

## 13.3 Acción necesaria si falla una comprobación programada

Si un sistema de detección de metales no detecta o rechaza una muestra de comprobación durante una prueba periódica programada, la producción se debe detener.

Los productos fabricados desde la última prueba satisfactoria se considerarán como productos sospechosos. Deberán identificarse en consecuencia y separarse del resto de la producción a la espera de una nueva inspección.

Se deberá determinar la causa del fallo y:

- Si se deduce que el fallo se ha producido por la manipulación o modificación de las condiciones de la producción, se deberán establecer procedimientos para evitar que vuelva a ocurrir. Si es posible ajustar el sistema detector de metales para que vuelva a funcionar correctamente, se hará y se anotará en el registro de la prueba.
- Si se determina que la causa del fallo es una avería del sistema, se deberá reparar antes de reanudar la producción.

En ambos casos, el sistema de detección de metales se debe volver a comprobar antes de reanudar la producción.

Los productos sospechosos han de inspeccionarse de nuevo con un sistema de detección de metales en buen estado. Este último debe presentar el mismo estándar de sensibilidad operativa que el primer sistema detector de metales empleado en la línea de producción. Los productos envasados e individuales han de pasar por el sistema de detección de metales con la misma orientación original.

Cualquier producto que pase esta segunda inspección se considerará aceptable. Por el contrario, los productos rechazados en dicha inspección se considerarán contaminados y serán objeto de estudio posterior.

En el caso de que el producto estuviera congelado originalmente o que haya sufrido cambios de temperatura, puede que no sea posible reproducir las condiciones de comprobación originales. En estos casos, los procedimientos deben definir el método para realizar una segunda prueba y posterior estudio (por ejemplo, si se debe mantener la congelación, etc.).

## 13.4 Tratamiento del producto rechazado

Los productos rechazados durante el funcionamiento normal se considerarán contaminados y se someterán a un estudio posterior.

La evaluación de los productos rechazados se debe realizar lo antes posible. Lo ideal sería que se efectuara en la hora siguiente al rechazo y, en cualquier caso, durante el turno de producción y antes de que el lote del producto abandone las instalaciones. La buena práctica es que la investigación se realice inmediatamente después del rechazo.

Resulta poco probable que se consiga identificar la contaminación por inspección visual. Lo mejor es intentar detectar la contaminación con el mismo sistema de detección de metales que rechazó el producto. Si esto no es posible, se recurrirá a un detector de metales externo a la línea de producción, con la misma sensibilidad empleada o una superior.

Los productos envasados e individuales pasarán por el sistema de detección de metales con la misma orientación en la cual se inspeccionaron la primera vez. A continuación, pasarán por el detector otras tres veces más, en distintas orientaciones, para garantizar que la comprobación sea lo más exhaustiva posible.

Se recomienda deshacerse de los productos rechazados una primera vez por el sistema de detección de metales tras la segunda prueba, con independencia de que se rechacen de nuevo o no.

No obstante, esto no siempre será factible económicamente, en especial si se están rechazando muchos productos como consecuencia de falsos rechazos. En tal caso, el productor debe asegurarse de que se toman todas las medidas razonables para que el producto cumpla el estándar de sensibilidad establecido, o bien se han de buscar soluciones más avanzadas para la detección de metales con las que no se produzcan falsos rechazos.

Si el producto resulta rechazado en el curso de la investigación, es fundamental encontrar e identificar el contaminante.

El material de envasado se retirará y, solo entonces, el producto rechazado volverá a pasarse por el sistema de detección de metales. Si el producto se sigue rechazando y no se encuentra la contaminación, el primero se dividirá en porciones cada vez más pequeñas hasta que se localice el contaminante.

Una vez eliminado el contaminante, se volverá a comprobar el producto restante para asegurarse de que no contiene más contaminación.

Es importante encontrar e identificar piezas individuales de contaminante metálico en los productos rechazados por lo siguiente:

- Si es posible identificar el origen, se pueden tomar medidas para evitar que se vuelva a producir la contaminación, es decir, poniéndose en contacto con proveedores de materias primas.
- Una identificación correcta de la contaminación puede indicar de manera temprana que se ha averiado un componente de la maquinaria.
- Si los operadores de la línea pueden examinar los resultados, aumentará su confianza en el sistema de detección de metales.

## 13.5 Acción correctora y preventiva

Los procedimientos deben definir claramente las acciones preventivas y correctoras que deberán realizarse en el caso de que se confirme la existencia de contaminación por metales. Asimismo, deben establecer quién es el responsable de determinar la importancia de la contaminación y quién está autorizado a retener el producto y proceder a su eliminación.

Si se confirma la presencia de contaminación por metales, se ha de iniciar de inmediato un análisis de riesgo para determinar la envergadura del problema. Este análisis también debe evaluar la posibilidad de que se produzcan más casos de contaminación de productos.

Los contaminantes encontrados se deben mostrar al personal de la línea para que confíen en mayor medida en el sistema de detección de metales. Los mismos contaminantes se deberán guardar como referencia para el futuro.

La localización y retención de partículas contaminantes tiene la ventaja añadida de que si, por ejemplo, se sabe que se ha roto un tamiz o un aspa y que ha caído en el producto, se pueden recoger las piezas detectadas y recomponer el elemento en cuestión para asegurarse de que se han recuperado todos los fragmentos.

Los procedimientos deben definir con claridad las circunstancias en las que se ha de detener la producción. Esta decisión debe basarse en:

- La frecuencia de los hallazgos.
- La naturaleza del riesgo.
- El tipo de metal.
- El tamaño del contaminante.

En la tabla 13a, se destaca un ejemplo de los requisitos de un comerciante importante:

### La producción se detendrá en las siguientes circunstancias:

Si se detecta más de un contaminante metálico en una línea de producción en menos de 24 horas.

Si se detecta más de un contaminante metálico del mismo tipo en toda la planta en menos de 24 horas.

Tabla 13a

Se pueden programar detectores de metales más modernos para que se encarguen de esto automáticamente.

Los resultados de las investigaciones han de documentarse por completo para tenerlos a modo de referencia en el futuro y para su análisis posterior. Entre estos resultados, deben figurar:

- Los detalles de los contaminantes hallados.
- Su origen.
- Las acciones que se deben emprender para evitar más contaminaciones.

## 13.6 Situación de fallo del sistema de detección de metales

En ocasiones, la activación de un fallo durante un proceso de producción normal provoca la detención de la producción. En tales casos, se debe llevar a cabo la acción correctora necesaria y volver a comprobar el sistema.

Todo el producto que se encuentre en el flujo de proceso detenido se debe recoger y volver a pasar por el sistema de detección de metales después de resolver el fallo y haber vuelto a comprobar el sistema. Esto incluye los sistemas relevantes en procesos posteriores.



# Análisis de datos y mejora del programa

La efectividad del programa de detección de metales únicamente se podrá determinar mediante una recogida de datos eficiente y un análisis de tendencias eficaz. El uso de esta información durante un periodo de tiempo concreto contribuirá a determinar la eficacia del programa de detección de metales, pero lo que es más importante es que supondrá el primer paso para cuantificar financieramente el ahorro o el aumento de beneficios generado.

## 14

## Análisis de datos y mejora del programa

- 14.1 Análisis de datos
- 14.2 El coste de los falsos rechazos
- 14.3 Mejora del programa

En este capítulo, se destacan algunas de las fuentes de datos habituales que deben analizarse a la hora de revisar la eficacia operativa del programa de detección de metales, así como algunas de las posibles compensaciones de dicho proceso.

### 14.1 Análisis de datos

Existen diversas maneras de recopilar, analizar y usar los datos. El método más eficaz de recopilación y estudio variará en función de cada organización, y dependerá de las necesidades y características de la empresa.

Sin embargo, es de vital importancia que los datos recogidos sean íntegros y el análisis, claro en sus conclusiones para conseguir el máximo apoyo del personal de toda la empresa.

Una vez que los datos se han analizado y se han decidido las acciones correspondientes, esta información debe comunicarse a los responsables de proporcionar la fuente de datos original a fin de garantizar un intercambio de datos constante.

Si se cree que los datos no se usan de forma útil, su valor se verá cuestionado en el seno de la empresa, lo que podría reducir la disciplina y la eficiencia en la recopilación y el registro de datos.

Siempre que sea posible, se incluirá un elemento de coste en los datos recogidos para su análisis. Gracias a ello, se agilizará el proceso cuando se decidan e impulsen iniciativas de mejora.

## 14.2 El coste de los falsos rechazos

El coste de los falsos rechazos no solo se basa en el coste del producto, sino que debe incluir todos los costes asociados para informar sobre los motivos por los que se ha rechazado el elemento. Son numerosas las nuevas legislaciones y estándares que incluyen esto como un requisito y, por tanto, se ha de añadir el coste derivado de cumplirlos. Esto puede conllevar que el sistema de detección de metales funcione con una menor sensibilidad, con lo que quedarían más metales sin detectar, lo que, a su vez, aumentaría las quejas de los clientes. Resulta fundamental el empleo de los detectores de metales más recientes a fin de reducir la cantidad de falsos rechazos.

La presencia de un elemento de coste en los datos de análisis también servirá de justificación para los gastos adicionales empleados en solucionar fallos; p. ej., las quejas de los clientes suponen un coste de 6000 £, mientras que los falsos rechazos suponen 14 000 £ en pérdidas de producción en el mismo periodo.

## 14.3 Mejora del programa

A continuación, se ofrecen algunos ejemplos de los tipos de análisis que pueden resultar convenientes para la revisión y mejora de un programa de detección de metales. Los mismos principios se pueden aplicar a diversas fuentes de datos.

### 14.3.1 Quejas de los clientes

Se deberán estudiar todas las quejas de los clientes relacionadas con la contaminación por metales para determinar su causa. La documentación y los registros generados del programa ayudarán considerablemente en la investigación. Además, pueden resultar incluso útiles como prueba para defenderse frente a una reclamación injustificada.

La investigación debe servir para:

- Identificar la causa del fallo.
- Identificar supervisiones ineficaces de los puntos críticos de control (PCC).
- Poner de manifiesto los nuevos puntos críticos de control sin identificar.
- Determinar si la partícula metálica detectada tiene un tamaño inferior al rendimiento de sensibilidad operativa del sistema de detección de metales.

Las acciones correctoras y preventivas se emprenderán en función de estos hallazgos, y los futuros programas de detección de metales se mejorarán en consecuencia.

Se supervisará a lo largo del tiempo la evolución del número de quejas y las causas identificadas para asegurarse de que se produzcan mejoras (figura 14.1); las causas habituales subyacentes también se deberán identificar y eliminar. Estas acciones pueden traer consigo mejoras en la reducción de la cantidad de quejas, con el objetivo final de que desaparezcan por completo.

Tendencia de las quejas de clientes

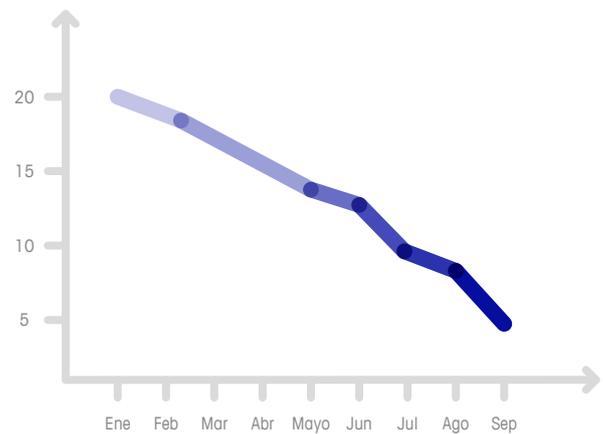


Figura 14.1

### 14.3.2 Auditorías de sistemas de gestión y seguridad alimentaria

Estas auditorías, realizadas normalmente por el departamento interno de calidad de la empresa, por organismos reguladores externos y por los clientes, facilitan una visión independiente de la eficacia del programa de detección de metales.

Los resultados de las auditorías son una fuente de información valiosa, tanto si se reciben en forma de no conformidad oficial, como si se consideran una oportunidad de mejora. Un análisis continuado de los resultados de las auditorías puede ofrecer garantías adicionales sobre un funcionamiento eficaz o, por el contrario, identificar los puntos débiles que deben mejorarse.

### 14.3.3 Sucesos de detección

Los sucesos de detección se deben a contaminación por metales real o a falsos rechazos ocasionados por interferencias que afectan al propio detector de metales. Esto podría tener su origen en factores tales como el ruido eléctrico. Los falsos rechazos también podrían deberse a interferencias externas de la instalación o el entorno, por ejemplo, bucles a tierra, infracción de la zona sin metal, etc.

La información de los sucesos de detección se recogerá con regularidad y se analizará en un gráfico de tendencias, con objeto de identificar las causas comunes.

El análisis del tipo de contaminación y de la frecuencia de los sucesos, para cada línea o cada máquina, permite identificar causas concretas de problemas, como la calidad de los proveedores de materias primas. Entre las posibles causas de problemas también se pueden incluir:

- Personal o métodos de producción ineficientes
- Detector de metales mal configurado
- Variación excesiva de los productos o capacidad de los detectores de metales para gestionarlo
- Sistema de detección de metales mal diseñado
- Vibración
- Interferencias eléctricas y presentes en el aire
- Programas de mantenimiento inadecuados (figura 14.2)

Debe establecerse una distinción clara entre los sucesos de rechazo en el curso de la producción normal y los rechazos que ocurren durante las comprobaciones periódicas.

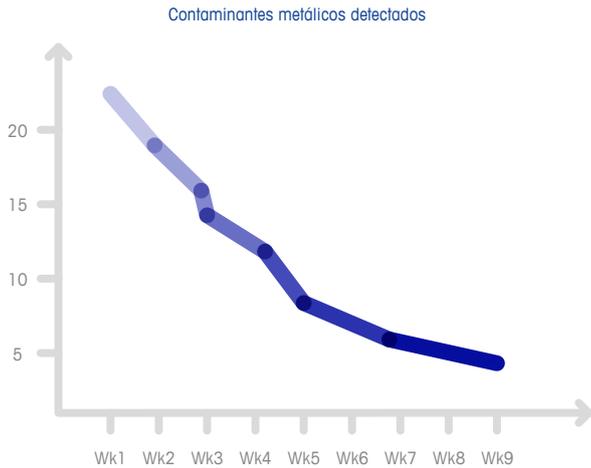


Figura 14.2

### 14.3.4 Comprobaciones para controlar el rendimiento

Los resultados de las comprobaciones para controlar el rendimiento se incorporarán a modo de proceso continuo. Si las pruebas se efectúan con mucha frecuencia (p. ej., cada 30 minutos) y, a lo largo del tiempo, el análisis muestra que las comprobaciones son siempre positivas, se deberá considerar la posibilidad de reducir dicha frecuencia. Para ello, se tendrán en cuenta factores como el diseño del sistema de seguridad a prueba de fallos, el control del acceso, la supervisión del uso y los datos, y el margen de detección, como se expone en la sección 12.6.1.

También se pueden conseguir grandes ventajas en lo que respecta a la eficacia global del equipo (OEE, Overall Equipment Effectiveness) mediante la reducción de la frecuencia de las comprobaciones, en especial, en los casos en los que la aplicación incluye un mecanismo de rechazo con alarma de parada, es decir, detectores de metales de garganta, y en aquellos detectores de metales que rechazan grandes cantidades de producto durante la comprobación, esto es, en aplicaciones de moldeo o bañadoras de chocolate con banda ancha.

Siempre se debe proceder con precaución para garantizar que no se incumple ningún estándar externo ni ningún código de conducta y que los riesgos implicados son conocidos y aceptables.

El análisis de los falsos rechazos puede servir para identificar las instalaciones y equipos deficientes que se han vuelto poco fiables, así como los sistemas que ya no están a la altura de los estándares actuales de sensibilidad operativa. Estos datos se pueden usar para justificar la modernización del sistema de detección de metales.

### 14.3.5 Registros de mantenimiento

Si del análisis de los registros de mantenimiento preventivo y de los informes de incidentes se deduce que algún elemento del equipo apenas necesita mantenimiento, será suficiente para reducir la frecuencia de mantenimiento dentro del programa, siempre y cuando no se contradigan las recomendaciones del fabricante o la evaluación de riesgos. De igual manera, el análisis puede demostrar que se precisa un mantenimiento asiduo y que se debe aumentar la frecuencia.

### 14.3.6 General

Existen muchas otras fuentes de datos cuyo análisis puede resultar útil. La clave está en centrarse en las áreas en las que se pueda obtener un mayor beneficio, en cuanto a más rentabilidad y menor riesgo.

El análisis continuo de los datos del programa permite identificar causas comunes que no parecen ser muy significativas por sí solas. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta su frecuencia, se puede justificar que se emprendan las medidas necesarias para evitar su aparición en el futuro.



## Datos, conectividad y mejora del rendimiento

La recogida de datos (tanto para la validación del rendimiento como para la trazabilidad), la conformidad con las normativas y el cumplimiento de las obligaciones de la diligencia debida constituyen requisitos esenciales de toda empresa moderna.

No obstante, recopilar datos de los procesos de producción de forma eficiente y eficaz puede suponer un desafío. Los sistemas de detección de metales pueden usar una amplia gama de métodos de recopilación que garantizan que la información está disponible para cumplir las cambiantes exigencias de una empresa o sus clientes.

### 15 Datos, conectividad y mejora del rendimiento

- 15.1 Importancia de la conectividad
- 15.2 Medios de conectividad
- 15.3 Sistemas SCADA
- 15.4 Tecnología OPC
- 15.5 Software de gestión de datos
- 15.6 Mejora del rendimiento de la producción
- 15.7 PackML y cálculos de la OEE

Mientras que las sencillas impresoras de mano con cable han quedado un tanto obsoletas, los métodos de recopilación de datos mediante USB constituyen ahora el estándar mínimo, con soluciones más avanzadas de conectividad electrónica también disponibles para satisfacer sus requisitos. En el mundo empresarial actual, en el que resulta esencial poder rendir cuentas, los fabricantes tienen que poder acceder a los datos de producción en tiempo real procedentes de la maquinaria y de los operadores en la planta. Si lo consiguen, estos datos se vuelven muy valiosos cuando se ponen a disposición de toda la empresa para usarse en los sistemas de gestión, en departamentos alejados y en diversas plantas de producción. Al permitir que un mayor número de personas pueda acceder a esta información, todos los que gestionan el día a día de la empresa pueden conocer, con tan solo pulsar una tecla, datos críticos de los que puede depender el éxito de su trabajo.

### 15.1 Importancia de la conectividad

La recopilación de datos permite a la empresa cumplir los requisitos relativos al Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP), así como las necesidades más amplias de normativas y estándares GFSI externos sobre seguridad alimentaria, como se ha comentado anteriormente en el capítulo 8.

A la hora de instalar sistemas de gestión de producción, se pueden conseguir numerosas ventajas si se les integra un equipo de detección de metales. Un sistema de gestión de producción bien diseñado puede incluir funciones para:

- **Gestión remota**

- Por ejemplo, para modificar la información del producto, poner a cero los contadores, etc.

- **Supervisión remota**

- Supervisión de sucesos de proceso, como por ejemplo, datos de rechazos, pruebas de rendimiento y recuento de paquetes.
- Supervisión de condiciones de funcionamiento, fallos y advertencias.
- Comunicación de alertas y advertencias.
- Exportación de alertas y advertencias a otros dispositivos, como por ejemplo, correo electrónico, avisadores, PDA, etc.

### • Recopilación y registro de datos

- Registro de datos de rendimiento, programas de prueba, etc.
- Proporción de datos para la trazabilidad de los productos.
- Proporción de una prueba de diligencia debida y de la conformidad con la reglamentación de la industria.

## 15.2 Medios de conectividad

Los datos procedentes de sistemas de detección de metales pueden recopilarse y almacenarse a través de distintas tecnologías, entre las que destacan estos dos métodos:

### 15.2.1 Comunicaciones serie

Se trata del método tradicional de conexión de un cable de datos en un puerto serie (RS232 o RS422) para transferir la información a través de él hasta un PC o a cualquier otro dispositivo de recogida (figura 15.1). Esta opción, que consiste en un método más básico de recopilación de datos, es una alternativa relativamente sencilla que se puede implementar. Sin embargo, la recogida de los datos reales depende de la participación de los individuos en el proceso, lo que podría conllevar más costes y problemas de seguridad.

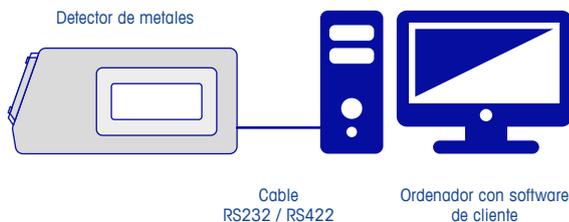


Figura 15.1

### 15.2.2 Comunicaciones Ethernet

En las modernas plantas de producción, se instalan, con frecuencia, redes Ethernet para la transferencia e intercambio de datos de proceso y fabricación. Los sistemas de detección de metales pueden conectarse a estas redes mediante un módulo de interfaz Fieldbus (FIM) instalado en ellas. De esta forma, se permite la conexión a distintos dispositivos con protocolos estándares de la industria (EtherNet/IP, Modbus TCP y Profinet IO), como controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de ejecución de producción (MES). Los datos procedentes de la detección de metales pueden verse después en ordenadores seguros conectados a red u otros dispositivos (figura 15.2) ubicados en cualquier parte de la planta o la propia empresa.

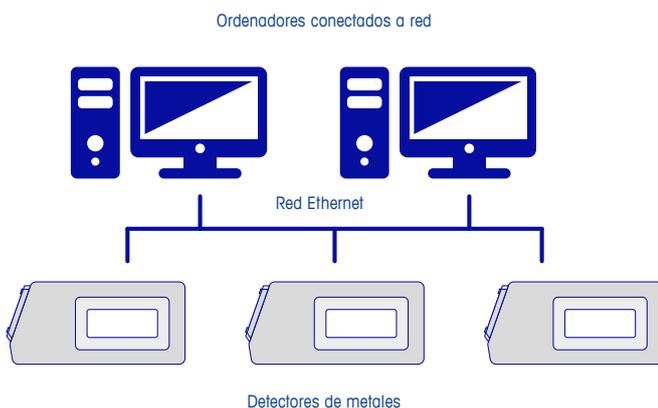


Figura 15.2

## 15.3 Sistemas SCADA

Los sistemas de gestión de producción SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) se están convirtiendo en habituales en muchos entornos de fabricación. Estos sofisticados sistemas, que ofrecen un alto grado de personalización, se pueden usar para proporcionar datos de muchos procesos en una única interfaz, bien por comunicación directa con equipos individuales de proceso, o bien mediante la comunicación por la tecnología de servidor de código de punto de origen (OPC, por sus siglas en inglés).

### 15.4 Tecnología OPC

En la mayor parte de las plantas de fabricación, se suele pretender recoger datos de diversos procesos y aplicaciones para, a continuación, verlos en la misma interfaz o pantalla de ordenador. Sin embargo, esto puede plantear problemas, ya que es muy probable que los distintos elementos individuales de los equipos de proceso se comuniquen en diferentes lenguajes.

OPC DA (y, más recientemente, UA) es uno de los estándares que crece con más rapidez en el mundo para el intercambio de datos de control de procesos.

La introducción de la tecnología del servidor OPC DA (y UA) permite extraer un lenguaje único y uniforme de las comunicaciones de diversos equipos de procesamiento y empaquetado en distintos formatos de software. Estos datos pueden transferirse a una gran cantidad de sistemas basados en SCADA y soluciones de software de gestión de producción para ofrecer total visibilidad de la información de funcionamiento. Los sistemas avanzados de detección de metales pueden equiparse con conectividad Ethernet, lo que permite integrarlos en redes de datos de comunicación de la planta\* y, de ese modo, recoger de forma exhaustiva información importante sobre los procesos.

Entre las ventajas empresariales de la tecnología de código de punto de origen (OPC, por sus siglas en inglés), figuran:

- Compatibilidad con sistemas SCADA, ERP y MES.
- Diseño de sistema de comunicaciones simplificado.
- Tecnología estándar que se emplea en muchos procesos de producción.
- Una solución estándar y estable.
- Se reduce la dependencia de soluciones de varios proveedores.
- Una solución rentable que incluye integración de sistemas, asistencia y formación.

\* Se presupone que la aplicación adecuada también se encuentra instalada en el servidor u ordenador que aloja OPC DA (o UA).

## 15.5 Software de gestión de datos

En las instalaciones de producción, donde la infraestructura de conectividad solo permite la implementación de una solución de software predefinida, las empresas pueden continuar disfrutando de unos mayores niveles de recopilación y trazabilidad de los datos.

El software propio, como las soluciones ProdX y FreeWeigh. Net, puede implantarse fácilmente en una infraestructura de TI estándar y está diseñado para supervisar en tiempo real todos los equipos de inspección de productos a los que se encuentren vinculados, así como para elaborar informes acerca de ellos. Este tipo de software admite:

- **La recopilación y almacenamiento de datos de calidad e informes sobre la visibilidad del proceso** procedentes de los sistemas de inspección. Esa información se puede analizar y

presentar en una variedad de plantillas de informe estándares con el objetivo de satisfacer los requisitos de conformidad. La información también se puede exportar a los formatos CSV o XML para que otros sistemas de gestión de datos externos la interpreten.

- **La recopilación de datos del programa de verificación del rendimiento (PVR)** para cumplir con los requisitos de conformidad. La recopilación manual de información de los PCC es ahora cosa del pasado. Esta clase de software permite recopilar y cotejar los datos relativos a los programas de comprobación del rendimiento, y proporcionan registros para demostrar que se ha aplicado la diligencia debida.
- **Supervisión de rechazos en tiempo real.** Las pantallas específicas de supervisión que presenta este tipo de software ofrecerían la posibilidad de realizar un seguimiento de todos los productos que se hayan rechazado en cada dispositivo, línea de producción, área o instalación. El seguimiento preciso de todos los productos que no cumplen con los estándares constituye un aspecto fundamental para lograr un programa de calidad sólido.
- **La seguridad del sistema y la gestión de operadores** son aspectos clave a la hora de garantizar la protección del sistema. Estos sistemas suelen ofrecer un método práctico y flexible para la administración de usuarios. Como alternativa, se puede usar la función Windows Active Directory Service y dejar que el departamento de TI se ocupe de la gestión de los operadores.
- **El cambio o ajuste de la configuración de los equipos de inspección de productos de forma remota.** Esta se puede almacenar para su posterior uso, lo que permite que los tiempos de configuración se reduzcan de manera significativa. También se puede asignar la configuración de un dispositivo de inspección a otro que se encuentre en la planta con el objetivo de aumentar aún más la eficacia de la configuración.
- **La recepción de advertencias anticipadas de problemas que puedan afectar a la línea de producción.** El software se encargará de supervisar el estado de cada pieza del equipo de inspección de productos y de mostrar los datos de modo que resulten fáciles de interpretar, por ejemplo, usando iconos con código de color. Los avisos con antelación le ofrecen la oportunidad de emprender medidas evasivas para evitar costosos tiempos de inactividad.
- **La supervisión de sucesos en tiempo real para aumentar la productividad.** Al adelantarse a los procesos de inspección mediante el control de las actividades, las advertencias y las alarmas que tienen lugar en cada dispositivo, se puede maximizar de forma proactiva el tiempo de actividad.

Los sistemas avanzados de detección de metales compatibles con software de control estadístico de la calidad (SQC, por sus siglas en inglés), como los mencionados anteriormente, pueden convertirse en una herramienta aún más útil en los entornos de alimentación o farmacéutico. Los potentes programas de este tipo permiten elaborar informes sobre todos los aspectos relativos al control de calidad del empaquetado y llenado, y pueden contribuir a reducir el tiempo de inactividad, así como formar parte de un plan de mejora continua.

## 15.6 Mejora del rendimiento de la producción

Los sistemas avanzados de detección de metales ahora pueden suministrarse con Packaging Machinery Language (PackML, lenguaje de maquinaria de empaquetado) e incorporar la elaboración de informes sobre la eficacia global del equipo (OEE, Overall Equipment Effectiveness). Estas nuevas funciones favorecen la mejora de la eficiencia de producción al proporcionar datos relacionados con la OEE en el dispositivo o por medio de distintos protocolos de comunicaciones en un sistema de ejecución de la gestión (MES, por sus siglas en inglés).

### 15.6.1 PackML

El PackML se estructura en tres categorías de información: estados, modos y PackTags. Los estados son las condiciones más importantes que se pueden dar en una línea de producción. Transmiten información sobre el estado del sistema de detección de metales al controlador lógico programable (PLC) y otros equipos de control de la línea que se encuentran en ella. Los modos consisten en actividades operativas comunes. Las PackTags proporcionan la definición que facilita la transferencia de modos, estados y otros datos administrativos (como los cálculos relativos a la eficiencia) a sistemas o dispositivos externos.

El enfoque del modelo de estado del PackML no solo simplifica la integración entre máquinas, sino que permite la transmisión de datos importantes desde la producción hasta la oficina. Las PackTags son elementos de datos identificados que se usan para el intercambio de datos interoperable y de arquitectura abierta en maquinaria de empaquetado desde la planta hasta el último escalafón del proceso. Esta interoperabilidad entre la maquinaria de empaquetado y los sistemas de nivel superior que proporciona el modelo de estado del PackML constituye un modo sencillo de integrar una línea de envasado y transferir datos relacionados con la eficacia global del equipo procedentes de máquinas individuales a sistemas de información corporativa. Los datos pueden ser muy detallados, lo que aporta un elevado grado de transparencia al proceso de producción. Por ello, los usuarios finales cada vez se interesan más en ello. El PackML se basa en un estándar probado de la industria y, entre las ventajas que puede obtener el usuario final, figuran:

- Un aspecto uniforme para los operadores y técnicos
- Una base para la integración vertical y horizontal
- Entrada y salida de información estándar de cualquier máquina de empaquetado con TR88.00.02 (anteriormente, PackML v3.0)
- Funcionalidad instantánea de la línea de envasado
- Especificaciones más congruentes para el usuario final
- Integración más rápida del software
- En última instancia, eficiencia en componentes de hardware y software reutilizables

### 15.6.2 Eficacia global del equipo

La eficacia global del equipo (OEE, Overall Equipment Effectiveness) es un reconocido método estándar de la industria empleado para la medición y cuantificación del rendimiento que presenta el equipo de línea de producción. La relación de la producción real dividida

entre el rendimiento máximo posible (que se muestra a modo de porcentaje) se expresa por medio de tres factores principales: disponibilidad, rendimiento y calidad.

### Buena producción real

= % de OEE

### Rendimiento máximo posible

Cada pieza de los equipos de una línea de producción puede afectar, y lo hace, al porcentaje de la OEE general, y los sistemas de detección de metales no son una excepción.

Se tienen en cuenta tres factores principales: disponibilidad, rendimiento y calidad.

- Porcentaje de disponibilidad: tiempo de actividad real / tiempo de actividad previsto
- Porcentaje de rendimiento: producción real / producción prevista
- Porcentaje de calidad: productos válidos reales / total de productos elaborados

En la tabla 15a, aparecen algunos ejemplos del impacto que puede tener el uso diario de una solución de detección de metales en el cálculo de la OEE de una línea de producción.

## 15.7 PackML y cálculos de la OEE

El desarrollo del PackML se centra en medir la eficacia global del equipo de la línea de producción e identifica una serie de estados estándares de la máquina que contribuyen a dicha medición.

Estos datos sobre la maquinaria se combinan con información proveniente de otros equipos de la línea de producción para dar como resultado la eficacia global del equipo en toda la línea.

En la tabla 15b, aparecen ejemplos del impacto que puede tener el uso diario de dispositivos de inspección de productos en el cálculo de la OEE de una línea de producción.

Para lograr una mejora continua, los responsables de la línea de producción deben analizar la OEE desde todos los ángulos posibles. En este sentido, una solución para la detección de metales puede convertirse en su mejor aliada. Las sofisticadas herramientas de análisis que incorporan ofrecen datos en tiempo real sobre la OEE de la línea de producción y del sistema de detección de metales. Los datos pueden extraerse fácilmente, pues los avances permiten disponer de ellos en varios formatos y todo el sistema puede conectarse sin problema a la red de una línea de producción gestionada por un controlador lógico programable o un sistema SCADA/MES.

En cualquier momento, los responsables de la línea pueden comprobar su rendimiento. Tener a mano estos datos les anima a analizarlos en más profundidad a fin de identificar dónde se pueden efectuar los cambios críticos para lograr una OEE de primera clase.

Repercusión de los sistemas de detección de metales en la OEE	Impacto en el % de disponibilidad	Impacto en el % de rendimiento	Impacto en el % de calidad	Conjuntos de características de un sistema de detección de metales típico para minimizar el impacto
Tiempo de inactividad en la línea de producción por fallo del detector	Sí	Sí	No	La construcción fiable, el equilibrio automático, la inmunidad mejorada al ruido y a la vibración, y la supervisión de estado reducen los posibles tiempos de inactividad del detector.
El detector se detuvo debido a un cambio de producto	Sí	Sí	No	La agrupación intuitiva de productos elimina el tiempo de cambio de producto.
Falsos rechazos provocados por una configuración incorrecta	No	No	Sí	La configuración automática precisa y la configuración optimizada prácticamente hacen desaparecer los falsos rechazos.
Pérdida de tiempo de producción y destrucción de productos durante comprobaciones de PV	Sí	Sí	No	El análisis predictivo* y el PVR mejorado permiten reducir la frecuencia de las comprobaciones de PV.
Paquetes rechazados por incluir contaminación por metales	No	No	Sí	Un funcionamiento a frecuencia ultraelevada, variable y con multifrecuencia ofrece los niveles de sensibilidad más altos, aunque de mayor fiabilidad.

\* Las funciones de los análisis predictivos controlan la repercusión de los cambios que se producen en los grados de sensibilidad de un detector de metales. Antes de que estos niveles de rendimiento sean inferiores una especificación definida de fábrica, se suele advertir con antelación. En combinación con las funciones de supervisión de estado, que controlan parámetros clave del detector de metales, estas características pueden emplearse para reducir la cantidad de comprobaciones del sistema. Al disminuir su frecuencia, se puede aumentar la eficiencia del operador y la capacidad de la línea de producción.

Tabla 15a: repercusión de los sistemas de detección de metales en la OEE

Repercusión de la inspección de productos en la OEE	Impacto en la disponibilidad	Impacto en el rendimiento	Impacto en la calidad
Paquetes rechazados por contaminación			■
Paquetes rechazados por infringir especificaciones			■
Fallos sucesivos en paquetes	■	■	■
Detención del dispositivo de inspección por cambio de producto	■	■	
Pérdida de productos y tiempo de producción debida a comprobaciones de PVR*	■	■	
Falsos rechazos provocados por una configuración inadecuada			■
Detención de líneas de producción por fallo del dispositivo de inspección de productos	■	■	

\* El PVR (programa de validación de rendimiento) consiste en una función de software de nuestros detectores de metales y máquinas de rayos X con la que el usuario puede configurar un intervalo de tiempo para avisar a un operador cuando llegue el momento de realizar una comprobación del rendimiento.

Tabla 15b: repercusión de la inspección de productos en la OEE



# Cálculo del coste total de propiedad de equipos de detección de metales en línea

Las inversiones juiciosas son la base del éxito de una empresa en el futuro. Asegurarse de que estas inversiones generarán recompensas importantes requiere una planificación y una implementación cuidadosas, por lo que es importante que las decisiones que se tomen con respecto a dichas inversiones se basen en una estrategia fundamentada en datos sólidos, y no en impulsos y suposiciones.

## 16 Cálculo del coste total de propiedad de equipos de detección de metales en línea

- 16.1 Definición de los motivos para tomar decisiones sobre las inversiones
- 16.2 Consideración de los objetivos operativos
- 16.3 La importancia de realizar cálculos correctamente
- 16.4 Fundamentación de la inversión en un modelo de negocio sólido
- 16.5 Determinación de los costes
- 16.6 Consideración del CTP a lo largo de varios años
- 16.7 Posibles ahorros
- 16.8 Detección de metales: una inversión inteligente
- 16.9 La necesidad de soporte por parte del proveedor

De acuerdo con estos principios, el proceso de evaluación del coste total de propiedad (CTP) se desarrolló hace más de 20 años en Estados Unidos. Desde entonces, se ha usado en muchas empresas de todo el mundo. Tener en cuenta el CTP contribuye a comprender de manera más clara los verdaderos costes derivados de la propiedad de los artículos, más allá del precio de compra. Asimismo, el CTP sirve de ayuda a la hora de comparar distintas ofertas de los proveedores, además de permitir fundamentarse en él para tomar la decisión final en cuanto a la inversión.

Resulta fundamental que la metodología de evaluación del CTP se oriente siempre a las circunstancias concretas de la empresa y de la industria en la que trabaja. Esto también se aplica a los equipos de inspección de productos, en concreto, a los de detección de metales.

En este capítulo, se abordan los siguientes aspectos en relación con el CTP:

- Definición de razones de peso para las decisiones relativas a las inversiones
- Ventajas de la evaluación del CTP
- Identificación de costes esenciales para los equipos de inspección de productos dinámicos
- Modo de ahorrar dinero especificando el equipo de detección de metales en línea correcto
- Cálculo del tiempo de retorno de la inversión de una adquisición
- Asistencia por parte del proveedor del equipo de detección de metales

## 16.1 Definición de los motivos para tomar decisiones sobre las inversiones

Las inversiones en la planta y el equipo deben realizarse sobre la base de principios claros y fundamentales. En las industrias alimentaria y farmacéutica, los sistemas de detección de metales constituyen una eficaz herramienta de inestimable valor para cerciorarse de que solo se ofrecen productos de la máxima calidad a los clientes y usuarios finales. Sin embargo, la instalación de este tipo de equipos y los costes asociados a ellos no garantizan por sí solos la elaboración de mejores productos.

Una comprensión clara de los objetivos y requisitos de funcionamiento resulta fundamental en el marco de los principios básicos que respaldan las decisiones que se toman en cuanto a las inversiones. La información obtenida mediante la evaluación del CTP (el coste total de propiedad de la inversión a lo largo de su vida útil, junto con los ingresos previstos que resultarán de la adquisición) se encuentra estrechamente conectada a estos principios.

## 16.2 Consideración de los objetivos operativos

Se deben definir claramente los objetivos operativos antes de introducir un programa de inspección de productos. Estos resultan fundamentales durante los primeros pasos que se siguen al adquirir un producto, como plantear consultas claramente formuladas a los posibles proveedores.

Algunos de los objetivos habituales son:

- Introducción de un sistema nuevo
- Mejora del tiempo de producción en un porcentaje determinado para mejorar la protección de la marca
- Conformidad con los estándares nacionales, internacionales o globales, como la Iniciativa mundial de seguridad alimentaria (GFSI)
- Inspección de la totalidad de los productos en el futuro
- Reducción de la tasa de desperdicios debido un llenado insuficiente o sobrellenado de un porcentaje determinado
- Reducción de la cantidad de falsos rechazos en un determinado porcentaje
- Reducción de los costes de garantía de la calidad en un determinado porcentaje
- Aumento del rendimiento en línea (precisión o sensibilidad)

Cada objetivo se ha de medir con la ayuda de datos trazables y presentarse en relación con sus implicaciones financieras para la empresa.

## 16.3 La importancia de realizar cálculos correctamente

Se espera que los responsables de la toma de decisiones realicen un seguimiento de las inversiones y las calculen con precisión. Los costes de adquisición no suelen presentar problemas; de hecho, normalmente, la tarea de planificarlos dentro del marco de una decisión relativa a la inversión es sencilla y directa. No obstante, en los cálculos se deben incluir costes esenciales derivados de toda la vida útil, lo que precisa de un enfoque de evaluación sistemático.

Algunos componentes de costes pueden superar con facilidad el precio de compra. Las máquinas tienen que mantenerse, se les debe suministrar alimentación o materiales adicionales y los empleados necesitan recibir formación; todo ello, en ocasiones, para un equipo cuya vida útil puede prolongarse cómodamente más de una década.

Si es posible, se deben tener en cuenta todos los costes relacionados con la nueva adquisición y el CTP permite a las empresas identificarlos, desde el proceso de compra hasta su eliminación final.

### Evaluación del CTP como base para las decisiones de gestión y proyectos

En ocasiones, una inversión realizada para un departamento concreto de una empresa puede repercutir en distintos sectores de esta. Además, algunas decisiones sobre inversiones pueden competir con diferentes prioridades financieras, por lo que se han de posponer otros proyectos. Como consecuencia, pueden surgir conflictos entre la administración empresarial y la gestión de proyectos.

Sin embargo, gracias a la consideración del coste total de propiedad, la elaboración de un presupuesto preciso sobre la vida útil completa de una inversión puede resultar muy aclaratoria (en especial, para la cúpula directiva) sobre las expectativas financieras que quedarán satisfechas con la inversión. Por consiguiente, se facilita la toma de decisiones y se pueden evitar los conflictos entre departamentos.

### Evaluación del CTP como protección frente a costes ocultos

El proceso de selección exige transparencia en los costes. Uno de los motivos principales por los que introducir las evaluaciones del coste total de propiedad es el de crear una mejor base para elegir un proveedor. Con el tiempo, un compromiso de inversión basado de forma exclusiva en un buen precio de adquisición puede acabar convirtiéndose en una desafortunada decisión en términos financieros.

Los costes ocultos solo pueden detectarse durante el funcionamiento y pueden dar como resultado que un artículo aparentemente económico ocasione problemas importantes. Si el diseño dificulta y encarece las modificaciones o si los intervalos de mantenimiento frecuentes requieren que el equipo se detenga a menudo, los costes pueden aumentar de modo significativo. Con las evaluaciones del coste total de propiedad, los desencadenantes de los costes ocultos a menudo pueden suponer la diferencia incluso antes de alcanzar una decisión de inversión. Al tener en cuenta todos los costes de una adquisición, se mitigarán las consecuencias de los costes ocultos y se podrá hacer frente a los efectos negativos que puedan provocar.

## 16.4 Fundamentación de la inversión en un modelo de negocio sólido

Las industrias y las empresas se distinguen unas de otras de numerosas formas, pero hay una regla que se aplica a todos los negocios: debe crearse un modelo empresarial estable antes de realizar una inversión. El cálculo del coste total de propiedad proporciona pruebas sólidas de dicho coste para la directiva y los responsables de la toma de decisiones.

Resulta adecuado tener en cuenta las circunstancias concretas de cada sector industrial y empresa.

Cuando se adapta a la tecnología de inspección de productos, es esencial (en la consideración del coste total de propiedad) destacar los ahorros que se obtendrían de una inversión. Este coste también reviste importancia a la hora de evaluar los distintos costes relacionados con el sistema y el proceso. Solo un procedimiento de estas características permite elaborar una descripción general precisa del coste total de propiedad y, por lo tanto, una valoración clara del tiempo de retorno de la inversión.

## 16.5 Determinación de los costes

El CTP revela los costes de una inversión durante todo su ciclo de vida; por tanto, todos los gastos relacionados directa o indirectamente con dicha inversión se deben incluir en el cálculo.

### Costes directos

Los costes directos suelen resultar fáciles de determinar, puesto que se tratan de los costes posteriores que se pueden atribuir directamente a una inversión. Por ejemplo:

- Costes de suministro
- Costes derivados de actualizaciones de software
- Costes del funcionamiento de la máquina (alimentación, aire comprimido, etc.)
- Costes por el desgaste y deterioro de piezas
- Costes de formación
- Costes procedentes de contratos de servicio, mantenimiento y calibración
- Costes de mano de obra (operador de línea, ingeniero de calidad, operador y responsable de las comprobaciones)

### Costes indirectos

Los costes indirectos resultan más difíciles de determinar, ya que no pueden atribuirse con exactitud a una inversión y normalmente surgen si la productividad se ve afectada con respecto a la inversión. Por ejemplo:

- Costes ocasionados por fallos debidos a la falta de mantenimiento, reparaciones, etc., en los que el sistema no se encuentra disponible
- Configuración incorrecta de la máquina que lleva a un bajo rendimiento o paradas de producción
- Al producirse un error, la colaboración de compañeros de otros departamentos para solucionar el problema
- Costes por falsos rechazos
- Costes de la gestión por falsos rechazos (FSMA)
- Tiempo de inactividad en la producción debido a comprobaciones
- Desperdicio de producto debido a comprobaciones
- Costes asociados al cambio de producto

La valoración de la evaluación del coste total de propiedad ofrece una base excepcional para tomar decisiones a favor de una inversión y de un proveedor concreto. Aunque tales decisiones se fundamentan en factores cuantificables, se ha de tener presente que otros aspectos más sutiles y que no son de carácter económico también pueden desempeñar un papel importante en las elecciones. Entre estos aspectos, figuran:

- La reputación del proveedor de equipos.
- Las ofertas de servicios.
- La calidad del servicio.
- La disponibilidad de los consumibles y piezas de repuesto.

Debido a que a menudo es difícil cuantificar los costes indirectos, deberán usarse estimaciones cuando no se disponga de un valor calculado. Resulta, sin embargo, fundamental que se tengan en cuenta estos costes; su identificación permite conocer áreas de la empresa en las que se pueden efectuar otras mejoras para reducir los gastos.

En la tabla 16a, al final de este capítulo, se exponen consideraciones clave en cuanto a los costes para calcular el CTP de una instalación típica.

## 16.6 Consideración del CTP a lo largo de varios años

A la hora de examinar un análisis del coste total de propiedad, los primeros doce meses y los años posteriores son críticos. En el CTP del ámbito de la inspección de productos, se distingue entre los costes de la inversión inicial (el primer año) y los de los años posteriores. El primer año después de la adquisición es el más costoso, puesto que el precio de compra, la instalación, la formación, los paquetes de piezas de repuesto y la integración en la línea de producción tienen una importante repercusión. En algunos casos, también se deben considerar los costes de consultoría externa o la eliminación de la maquinaria antigua.

Los años sucesivos presentan sus propias características en cuanto a costes; además de los costes operativos y de mantenimiento, los tiempos de inactividad no programados y las costosas ampliaciones de garantía pueden resultar caros. Si se necesita una certificación de verificación oficial, deben tenerse en cuenta los costes de las evaluaciones de conformidad y las comprobaciones oficiales. No debe olvidarse que, hoy en día, la vida útil de una máquina puede alcanzar los diez años o incluso más.

### Costes de implementación de un programa de inspección de productos

Se debe tener presente lo siguiente cuando se evalúen los costes de la inversión inicial:

- **Precio de compra:** los presupuestos de varios fabricantes invitados a participar en la licitación proporcionan una base.
- **Instalación / puesta en servicio (funcionamiento inicial):** los presupuestos pertinentes indican los costes externos derivados de la asistencia prestada por proveedores de servicios, asesores o instaladores. Los costes internos se determinan mediante tarifas por hora internas u honorarios. La cifra crítica es el tiempo total necesario desde la detención de la línea de producción para la instalación (es decir, la integración de la solución del equipo) hasta la reanudación de la producción.
- **Documentos de validación:** el fabricante en cuestión puede proporcionar los costes de la validación y la certificación (por ejemplo, de conformidad con el Global Food Standard).
- **Costes de las verificaciones oficiales:** los buenos proveedores indican todos los costes de las verificaciones oficiales necesarias, desde la asistencia hasta las comprobaciones oficiales.
- **Formación con el proveedor o in situ con el sistema:** los costes pueden cuantificarse, puesto que el proveedor de equipos es el que ofrece directamente la formación.

- **Costes de adquisición de piezas de repuesto:** los proveedores serios indicarán las piezas de repuesto que pueden resultar necesarias durante el primer año y los posteriores.
- **Ofertas de servicios:** diversos proveedores proponen contratos que incluyen distintos servicios, como inspecciones, visitas de mantenimiento y repuestos. También se han de tener en cuenta las diferentes ofertas para el tiempo de reacción de los servicios, como las prestaciones globales, los descuentos en los precios de las piezas de repuesto y las opciones de diagnóstico remoto. El diagnóstico/mantenimiento remotos reducen los costes, ya que las anomalías pueden detectarse antes. Como resultado, puede prepararse cualquier intervención por parte de los técnicos, lo que permite que los problemas se rectifiquen antes.
- **Integración en la línea de producción:** el coste de la integración puede variar según las circunstancias y se debe prestar atención a si el equipo se está introduciendo por primera vez o si se están sustituyendo o ampliando el existente. En este sentido y dentro de los límites de su capacidad, los fabricantes pueden resultar de ayuda e indicar el potencial de optimización.
- **Eliminación de equipos antiguos:** un proveedor puede, bajo petición, responsabilizarse y proporcionar un precio definitivo.

Al analizar los costes que surgirán a lo largo de los años posteriores, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Costes de funcionamiento:** el coste de la energía y los materiales adicionales puede variar en gran medida. El proveedor deberá tener a mano la información técnica correspondiente.
- **Costes de mantenimiento:** el proveedor puede especificar los intervalos y los gastos de mantenimiento. Asimismo, un proveedor que se precie debe poder presupuestar los importes medios, como los relacionados con las reparaciones.
- **Tiempos de inactividad no programados:** una visión general de la actividad pasada (y los cálculos realizados anteriormente) proporciona la orientación más útil. En muchos casos, estos pueden ser los costes individuales más importantes para el operador, en especial, cuando la línea no puede funcionar sin que el equipo de inspección se encuentre instalado en ella y funcionando de acuerdo con las especificaciones.
- **Extensión de la garantía:** el proveedor proporcionará los presupuestos y precios correspondientes.
- **Actualizaciones de software o hardware:** el proveedor ofrecerá información sobre la frecuencia y los costes.
- **Costes de personal:** tiempo necesario para la creación o configuración de productos nuevos y el cambio de configuraciones de productos. En estos casos, existen grandes diferencias entre las soluciones de los diversos proveedores. Se debe estimar la frecuencia con la que se ha de configurar un producto completamente nuevo en una línea de producción o con la que se debe realizar un cambio en dicha configuración.
- **Costes de comprobaciones:** entre ellos, no solo figuran los costes de personal asociados al tiempo invertido en efectuar la comprobación y aquellos derivados de los productos destruidos debido a ella.
- Tiempos de inactividad no programados.
- Tiempos de inactividad programados (la comprobación en sí misma).

- Productividad ineficiente como resultado de la pérdida de producción ocasionada por la detención o ralentización de la línea durante la realización de la comprobación programada del rendimiento.

Normalmente todos los proveedores de equipos están convencidos de que su sistema es el más rápido y sencillo de configurar. Sin embargo, deben mostrar a los fabricantes exactamente cuáles son los pasos de trabajo necesarios para que puedan decidir por sí mismos si la operación les llevará bastante tiempo y requerirá la participación de mucho personal o si, por el contrario, les permitirá ahorrar tiempo y dinero.

Algunos de los elementos importantes de los contratos de servicios a los que deberá prestar una atención especial son:

- Si el contrato incluye todas las visitas y servicios necesarios.
- Si el contrato incluye un único pago (con independencia de la cantidad de intervenciones que sea necesaria).
- Si el contrato también incluye el coste de las piezas de repuesto y de la sustitución de piezas desgastadas y deterioradas.
- Si el contrato también incluye los costes de desplazamiento y las tarifas por hora de los técnicos.

Puede servirse de la tabla 16b, que encontrará al final de este capítulo, para determinar los costes continuos como parte del cálculo del CTP.

## 16.7 Posibles ahorros

Cuando se realiza una inversión, el coste siempre reviste una importancia crucial para los directivos y los responsables de la toma de decisiones. Sin embargo, la consideración de los ahorros (en especial, a lo largo de toda la vida útil de un equipo) puede tener un carácter decisivo a la hora de invertir en un nuevo sistema. Por ello, merece la pena incluir las diversas posibilidades de ahorro y comprobar su influencia en el cálculo del coste total de propiedad.

## 16.8 Detección de metales: una inversión inteligente

La selección de la marca y el tipo adecuados de detector de metales puede permitir ahorrar considerables sumas de dinero. La experiencia de producción nos demuestra que los mayores ahorros se consiguen, por una parte, reduciendo los desechos (falsos rechazos) y los costes de funcionamiento (cambios de producto y comprobación del rendimiento) y, por otra parte, aumentando el tiempo de actividad gracias a una mejor eficacia global del equipo y a una mayor velocidad de prestación de servicios o tasa de resolución en el primer nivel.

### Ahorro económico:

La diferencia anual en el ahorro de costes entre una marca (o modelo) y otra puede alcanzar los 35 000 dólares.

### Ahorro potencial:

- Uso de un detector de metales más fiable y con menos probabilidades de experimentar una corriente electrónica.
- Uso de un detector de metales con menos probabilidades de experimentar influencias externas que puedan dar como resultado el rechazo de un producto no defectuoso.

- Uso de productos de fabricantes que puedan demostrar un tiempo de actividad un 0,01 % mejor que su inmediato competidor.
- Uso de productos de fabricantes cuya velocidad de respuesta de servicio y cuya tasa de resolución en el primer nivel sean al menos dos horas más rápidas que el siguiente mejor proveedor (a mayor diferencia de tiempo, mayores ahorros).
- Uso de un detector de metales que permita reducir a la mitad la frecuencia de las comprobaciones con respecto a otras marcas o modelos alternativos.
- Uso de un detector de metales que pueda configurarse de tal manera que se evite (o minimice) la necesidad de intervención de un operador cada vez que se lleva a cabo un cambio de producto.

**Ejemplo práctico: una línea de producción con una velocidad de 100 ppm funciona 20 horas/día, 250 días al año, con unos costes de producción típicos de 40 £ por hora.**

- A) Un detector de metales común presenta una tasa de falsos rechazos de un paquete por cada 5000 producidos (99,98 % de eficiencia). Esto equivale a 6000 paquetes al año que se rechazan de manera errónea. Si asumimos unos costes de producto o paquete de 1 £, esta situación supondría un coste anual de 6000 £. Si se compara este caso con un detector de metales que tiene una tasa de falsos rechazos de un paquete por cada 10 000 producidos (99,99 % de eficiencia), los ahorros sumarían hasta 3000 £ al año.
- B) Un detector de metales con un porcentaje de tiempo de actividad del 99,8 % (tasa de tiempo de inactividad del 0,2 %) deja de funcionar alrededor de 10 horas al año. Si las pérdidas de producción ascienden a 2000 £ por hora, el coste por el tiempo de inactividad será de 20 000 £. Ahora bien, si otro detector de metales tiene un porcentaje de tiempo de actividad del 99,9 % (tasa de tiempo de inactividad del 0,1 %), los costes por el tiempo de inactividad alcanzarán los 10 000 £ anuales, es decir, se producirá un ahorro de 10 000 £ al año. Tan solo con que la organización B presente una respuesta o una tasa de resolución en el primer nivel dos horas mejor que la organización A, se ahorrarán 4000 £ más.
- C) Con diferencia, el mayor coste asociado con los equipos de detección de metales es el que tiene que ver con el requisito que obliga a llevar a cabo comprobaciones frecuentes de verificación del rendimiento (PV). Supongamos que cada prueba de PV tarda 10 minutos en realizarse (caminar, hablar, verificar y documentar) y que se efectúan cada 2 horas. Esto equivale a un coste anual de 16 666,66 £. Si se compara esta situación con un detector de metales con tecnología de seguridad a prueba de fallos de diligencia debida, que permite asumir el riesgo vinculado a una reducción de la frecuencia de dos a cuatro horas, los ahorros anuales serían de 8333,33 £, cifra en la que no se incluye el coste del producto desperdiciado. En determinados casos, puede alcanzar (o superar) el coste del tiempo invertido en las comprobaciones.
- D) Muchos de los detectores de metales inspeccionan más de un tipo de producto en la misma línea de producción, lo que obliga al operador a cambiar de un lugar a otro cada vez que se produce un cambio de producto. Imaginemos una línea de producción con tres productos diferentes donde cada uno de ellos se cambia una vez cada 20 horas. Supongamos que el operador tarda cinco minutos en cambiar la configuración del

detector de metales (caminar, hablar, cambiar y documentar). En ese caso, el coste ascendería a 2499,99 £ al año. Los detectores de metales más modernos permiten que los productos se agrupen en una única configuración para que el operador tenga libertad de movimientos (siempre dentro de los requisitos especificados por QA). Gracias a ello, se consigue que este coste desaparezca por completo de los cálculos. El ahorro total de lo indicado anteriormente llegaría a 27 833,32 £ o 139 166,60 £ durante un periodo de cinco años.

Durante la implementación de un programa de inspección de productos, pueden obtenerse ahorros mediante lo siguiente:

### 1. Reducción de desperdicios

Un equipo de detección de metales preciso y fiable garantiza la implementación de regulaciones legales y, por lo tanto, evita los caros desperdicios. La ventaja financiera se puede calcular comparando las tasas anteriores y las actuales.

### 2. Reducción de reprocesamiento

El trabajo adicional que conllevan los productos rechazados se puede calcular a partir de los costes añadidos de personal.

### 3. Reducción del coste del tiempo de trabajo

El proveedor proporciona información sobre el tiempo necesario para la configuración o el cambio del producto (montaje) y sobre los tiempos de limpieza.

### 4. Reducción del material desperdiciado

Los costes debidos a un exceso de rechazos durante la detección pueden calcularse basándose en una simple comparación de las cifras anteriores y posteriores.

### 5. Prevención de las devoluciones de productos

Los programas modernos de detección de metales comprueban el 100 % de los productos fabricados. Las desviaciones que no se ajustan a las regulaciones oficiales o los estándares de la industria se detectan lo antes posible y se evitan. Los posibles ahorros se calculan mediante una comparación con la producción anterior y el coste de las devoluciones de productos.

### 6. Protección de la marca y de las relaciones con el cliente

Los valores intangibles, como la marca y la lealtad del consumidor, pueden ser difíciles de calcular. Sin embargo, constituyen la base para que los clientes repitan la compra y para atraer a nuevos clientes.

### 7. Reducción de los gastos relacionados con las auditorías (p. ej., de IFS y BRC, entre otros)

La preparación de las comprobaciones y auditorías del equipo (y su posterior documentación) puede llevar bastante tiempo y resultar costosa. Se debe solicitar al proveedor del equipo un esquema de documentación que registre todas las pruebas y auditorías pertinentes, y que también conserve, a su vez, esta documentación actualizada. De este modo, se podrá documentar con facilidad y en cualquier momento el funcionamiento y uso adecuados de su equipo, tanto para uso interno como para los requisitos de auditores externos.

En la tabla 16c, al final de este capítulo, se proporciona un esquema para calcular los posibles ahorros vinculados a la instalación de un sistema de detección de metales común.

## 16.9 La necesidad de soporte por parte del proveedor

A la hora de realizar un cálculo del coste total de propiedad y considerar los ahorros potenciales derivados de la inversión, se requiere una gran diversidad de datos y cifras pertinentes para la vida útil del sistema, desde la compra hasta su desecho.

Por lo tanto, los proveedores competentes representan una fuente importante de información en cuanto a los valores que se incluirán en el cálculo. Los proveedores de máquinas y equipos deben estar dispuestos a ayudarle y proporcionarle la información necesaria. En concreto, esto incluye indicaciones de los costes de funcionamiento y mantenimiento, así como de los tiempos de inactividad no programados. Asimismo, la asistencia activa durante la fase de planificación de la inversión puede convertirse en un criterio importante a la hora de elegir al proveedor.

**Cálculo del coste total de propiedad de un sistema de detección de metales**

Los fabricantes deben introducir sus valores:

<b>Costes de la inversión inicial</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Precio de compra		–	–	–	–	–
Instalación y puesta en servicio (operación inicial)		–	–	–	–	–
Documentos de validación		–	–	–	–	–
Costes de verificación oficial anual (si procede)		–	–	–	–	–
Formación con el proveedor o in situ con el sistema		–	–	–	–	–
Costes de suministro para paquetes de piezas de repuesto		–	–	–	–	–
Contrato de servicio		–	–	–	–	–
Integración en la línea de producción		–	–	–	–	–
Retirada del equipo antiguo		–	–	–	–	–
Otros		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
<b>Total</b>		–	–	–	–	–

Tabla 16a: descripción general de los costes iniciales de un sistema de detección de metales típico para el cálculo del CTP

Años posteriores (generalmente hasta 5 años)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costes de funcionamiento	–					
Costes de mantenimiento	–					
Tiempos de inactividad no programados	–					
Garantía/ampliación de la garantía	–					
Costes de verificación anual (si procede)	–					
Asistencia y actualizaciones de software/hardware	–					
Costes de personal	–					
Contrato de servicio	–					
Costes de comprobaciones de rendimiento de usuario programadas obligatorias	–					
Otros	–					
	–					
	–					
<b>Total</b>	–					

Tabla 16b: costes continuos de un sistema de detección de metales para el cálculo del CTP

Ahorros	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Reducción de desperdicios						
Reducción de reprocesamiento						
Reducción del trabajo necesario						
Reducción del sobrellenado de producto						
Posibilidad de evitar las devoluciones						
Protección de la reputación de la marca y la relación con los clientes						
Reducción de los gastos relacionados con las auditorías						
Reducción del tiempo de inactividad perdido						
Reducción de los costes de las comprobaciones obligatorias						
Otros						
<b>Total</b>						

Tabla 16c: descripción general de los posibles ahorros de una instalación típica



# Los principios de diligencia debida para el control de calidad y la defensa jurídica

Los fabricantes de alimentos deben tomar cada vez más precauciones para asegurarse de que sus productos sean seguros, estén desprovistos de contaminantes y tengan pocas probabilidades de dañar al consumidor final de algún modo u otro.

## 17

## Los principios de diligencia debida para el control de calidad y la defensa jurídica

- 17.1 Deber de cuidado
- 17.2 Diligencia debida
- 17.3 Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control
- 17.4 Casos de contaminación por metales
- 17.5 Sistema de detección de metales: problemas y soluciones
- 17.6 Componentes de un sistema de detección de metales a prueba de fallos

Tal y como se indica en los capítulos 8 y 9, el Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP) es líder en proporcionar una estructura en la que puedan trabajar los productores de alimentos, mientras que la Iniciativa mundial de seguridad alimentaria (GFSI, por sus siglas en inglés) gestiona y controla los organismos que pueden acreditar y certificar.

Entre las organizaciones y entidades que proporcionan esquemas reconocidos por la GFSI figuran:

- Consorcio del comercio minorista británico (BRC, British Retail Consortium)
- Estándar internacional para alimentos (IFS, International Food Standard)
- FSSC 22000
- SQF
- HACCP de los Países Bajos

Existen otros esquemas, pero los que se acaban de enumerar equivalen, con probabilidad, a más del 90 % de los estándares adoptados en la actualidad.

También se deben tener en cuenta las normativas locales que puedan afectar a las ventas de los productores de alimentos en un mercado concreto, como la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA) de la FDA en Estados Unidos y la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) de Brasil, entre otras.

En estos tiempos de tantos litigios, los abogados y los consumidores aprovecharán cualquier oportunidad para emprender acciones legales contra los fabricantes en caso de que encuentren algo anómalo con el producto que hayan adquirido. Por estos motivos, los fabricantes de alimentos que suministran productos a los comerciantes comprenderán la necesidad de garantizar el más alto nivel de calidad. En este sentido, son ellos los primeros interesados en asegurarse de la adecuación de los sistemas y procedimientos a fin de minimizar el riesgo de litigios. En caso de que se produzcan, también han de disponer de las pruebas documentales necesarias para demostrar que han aplicado la diligencia debida en el proceso de producción.

## 17.1 Deber de cuidado

Por ley, todos tenemos un deber de cuidado que nos exige cumplir un estándar razonable de cuidado cuando realicemos actos que previsiblemente podrían perjudicar a otras personas. El estándar de cuidado es el grado de alerta, atención, prudencia y precaución de un individuo que debe regirse por un deber de cuidado.

En la industria alimentaria, el estándar de cuidado viene determinado por el estándar que ejercería el fabricante de un producto con una prudencia razonable. El incumplimiento del estándar podría considerarse negligencia y los daños derivados podrían ser objeto de demanda por la parte perjudicada.

## 17.2 Diligencia debida

La defensa de diligencia debida está disponible para los fabricantes acusados de incumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria. A grandes rasgos, la defensa se basa en que el acusado dio los pasos razonables para evitar la no conformidad. Es una defensa suficiente para la persona a la que se atribuyen los cargos para probar que:

- Se tomaron todas las precauciones razonables.
- Se ejerció toda la diligencia debida para evitar el hecho, tanto personalmente como a través de cualquier persona bajo su control. El hecho de tomar todas las precauciones razonables incluye configurar sistemas de control adecuados para el riesgo en cuestión. El tamaño y los recursos de la empresa determinan lo que se considera razonable. El ejercicio de toda la diligencia debida implica implantar procedimientos que revisen y auditen el sistema con el fin de garantizar que funciona de forma eficaz. Que una defensa sea satisfactoria o no depende de las circunstancias que rodeen a cada caso.

## 17.3 Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control

En la producción de alimentos, la mayoría de los fabricantes recurre a un sistema fundamentado en HACCP como base para identificar los puntos en los que se pueden producir peligros. A continuación, se emplea la estructura HACCP para implementar procedimientos con el fin de minimizar el riesgo de que ocurra un peligro.

El proceso HACCP supervisa y controla estrictamente cada uno de los pasos de fabricación para reducir la probabilidad de que se produzcan peligros. HACCP está basado en siete principios básicos:

- Realizar un análisis de riesgos de seguridad de los alimentos.
- Identificar los puntos críticos de control o PCC (punto de control óptimo de un peligro).
- Establecer límites críticos para cada PCC.
- Establecer los requisitos de supervisión de los PCC.
- Establecer las acciones correctoras que han de adoptarse cuando la supervisión indique que un determinado PCC no está bajo control.
- Establecer procedimientos de conservación de registros.
- Establecer procedimientos para confirmar que el sistema funciona según lo previsto.

## 17.4 Casos de contaminación por metales

El entorno de fabricación y el procesamiento de alimentos general pueden comportar el riesgo de que se produzca contaminación por metales. A menudo un detector de metales actúa como punto crítico de control para mitigar este riesgo. Se deben incluir una serie de elementos adicionales en el proceso con el fin de proteger el bienestar del cliente y proporcionar la base para una sólida defensa de diligencia debida.

Además, un sistema de detección de metales adecuado permitirá a los fabricantes ofrecer el máximo nivel posible de protección del cliente y de la marca. Todos los sistemas con transportador que use para inspeccionar productos deben estar específicamente diseñados para ello y no solo demostrar que el equipo de detección de metales está encendido y funciona.

## 17.5 Sistema de detección de metales: problemas y soluciones

Los metales pueden llegar a los productos alimentarios de numerosas formas, puesto que la mayoría de los equipos empleados en las plantas de procesamiento de alimentos están elaborados en metal. Por ejemplo, cuchillas, trituradoras, agitadores, transportadores y maquinaria de empaquetado están hechos básicamente de metal, al igual que las herramientas de mano, las estructuras de maquinaria y las estructuras de apoyo.

Por lo tanto, no sería de extrañar que algunos de estos elementos liberasen alguna pequeña pieza de metal durante el proceso de fabricación en condiciones de trabajo normales, sin necesidad de que fallase el equipo. No obstante, la instalación de un detector de metales después de todos los procesos garantiza que el producto alimentario resultante no contenga metales.

La mayoría de las plantas de fabricación de alimentos modernas incluyen detectores de metales y la tecnología empleada se considera muy fiable. Sin embargo, la incidencia de metales que llegan al consumidor final sigue siendo elevada. Lo más alarmante es el hecho de que, durante la investigación, el equipo en línea siempre puede detectar el metal que ha provocado las reclamaciones.

Esto sugiere que los procedimientos operativos que se llevan a cabo durante el proceso de fabricación o inspección pueden contener algún error y que tan solo con instalar un sistema de detección de metales no se erradicará el problema de que lleguen contaminantes metálicos al usuario final.

Se debe recurrir a un enfoque amplio del control de la calidad y, dado que muchos detectores de metales están definidos como puntos críticos de control (PCC), lo óptimo sería que este PCC se gestionara en consecuencia.

Un sistema de detección de metales equipado con un mecanismo de rechazo y un contenedor de rechazo con cierre adecuados resulta de gran ayuda para aportar una solución, pero un fallo del sistema o del procedimiento puede tener graves repercusiones en la eficacia global del sistema empleado.

Todos los paquetes de alimentos contaminados deben rechazarse de manera eficiente en el proceso o línea de envasado (y permanecer como tal). Además, se deben lograr los niveles más altos de conformidad con los estándares pertinentes. Con el fin de contribuir a alcanzar estos objetivos, en la tabla 17a se muestran algunas preocupaciones relevantes y sus soluciones.

Problema	Solución
¿Cómo se puede garantizar que la contaminación por metales se detecte de acuerdo con los niveles más altos de rendimiento?	Instale un detector de metales que detecte todos los tipos de metal y conozca su capacidad de detectar contaminantes no esféricos, como alambres y finas esquirlas de metal.
El fallo del sistema de detección de metales comporta un tiempo de inactividad costoso. ¿Cómo se puede maximizar el tiempo de actividad?	Lleve a cabo un programa de mantenimiento preventivo en el sistema transportador, al tiempo que se cerciora de que el detector de metales tenga un sistema integrado de supervisión de estado que emita una advertencia temprana indicando que puede tener lugar un ciclo de tiempo de inactividad.
¿Cómo se puede garantizar que el detector de metales esté configurado correctamente y que no se produzcan falsos rechazos?	Asegúrese de que el detector de metales tenga una función de configuración automática precisa y muestre el margen de seguridad entre la señal de producto de fondo y el punto de disparo del detector de metales.
Si se detecta metal, ¿cómo se puede rechazar del proceso el paquete contaminado sin que se detenga la producción?	Utilice un mecanismo automático de rechazo de paquetes que se haya diseñado específicamente para la aplicación en cuestión.
¿Cómo se puede garantizar el rechazo de paquetes contaminados consecutivos? ¿Y cómo se puede garantizar que se rechace el paquete correcto independientemente de la posición del contaminante dentro de él?	Asegúrese de que el mecanismo de rechazo se use junto con un sensor de paquetes que controle el funcionamiento del mecanismo de rechazo y el detector de metales.
¿Cómo puede uno asegurarse de que el sensor de paquetes funcione?	Instale un sensor de comprobación de rechazo que supervise en todo momento el sensor de paquetes.
¿Cómo puedo estar seguro de que dispongo de suministro de aire comprimido suficiente para facilitar múltiples sucesos de rechazo?	Equipe el sistema con una reserva de aire o incorpore un interruptor de fallo neumático al alimentador neumático del transportador.
¿Cómo se puede garantizar que el mecanismo de rechazo funciona correctamente cuando el sistema transportador se ejecuta desde un motovariador?	La sincronización del mecanismo de rechazo por fotodetección (como se ha descrito antes) debe controlarse mediante un codificador de velocidad de la cinta transportadora para garantizar la precisión en el rechazo, con independencia de la velocidad de la cinta.
¿Cómo puedo asegurarme de que el producto contaminado no se retire de la línea después de la detección, sino antes del rechazo?	Instale un protector de túnel del sistema desde el detector hasta un punto posterior al dispositivo de rechazo.
¿Dónde deberían recogerse los paquetes contaminados cuando se rechazan?	Dentro de un área segura de recogida de rechazos con acceso controlado mediante llave o contraseña. Para aumentar la seguridad de los productos, se puede incluir un sistema de supervisión de cierre de la puerta del contenedor.
¿Cómo puedo tener la certeza de que el paquete contaminado se ha rechazado del proceso o la línea de envasado?	Instale un sistema de confirmación de rechazo conectado al sensor de entrada de paquetes y al detector de metales.
¿Qué sucede si el contenedor de rechazo está lleno de productos contaminados y no queda espacio para más productos rechazados?	Instale un sensor de contenedor lleno al 80 % de la capacidad total para que emita una alarma si se llega a una situación crítica.

Tabla 17a: problemas y soluciones

## 17.6 Componentes de un sistema de detección de metales a prueba de fallos

### 17.6.1 Detector de metales

Un detector de metales adecuado debería cumplir los estándares de detección necesarios. Se debe configurar de forma que funcione según las directrices de sensibilidad detalladas en el código de conducta del fabricante, o bien de acuerdo con los requisitos de clientes terceros, como los comerciantes.

Por norma general, para controlar el rendimiento de la detección de metales, a medida que disminuye el tamaño de la abertura, mejora el rendimiento. Por consiguiente, en general, la elección del tamaño de la abertura debe basarse en el tamaño del producto más grande que se va a inspeccionar.

Al comparar la sensibilidad entre distintos detectores de metales, no solo se debería examinar su capacidad para detectar esferas de metal, sino que también se tendría que observar la capacidad para detectar tipos de contaminación no esférica, como alambre y finas esquirlas de metal.

Muchos cabezales de detectores de metales incorporan un sistema de supervisión de fallos y, en caso de que se produzca uno, el detector de metales alertará del problema al operador y apagará el equipo. La desventaja de estos sistemas es que el dispositivo podría quedar inutilizado hasta que se corrigiese el fallo.

Los detectores más avanzados emplean tecnología de supervisión de estado, que cumple los requisitos de supervisión del HACCP. Esta tecnología comprueba que los elementos críticos del detector de metales funcionen y mide los cambios que podrían implicar una disminución del rendimiento o un fallo del detector.

Antes de que dichos cambios sean críticos, un sistema de advertencia temprana avisa de ellos al operador. Esto permite realizar el mantenimiento y evitar así los elevados costes de la pérdida de producción debido al tiempo de inactividad de la línea. Pueden emprenderse las acciones correctoras planificadas cuando esté previsto que el sistema esté fuera de línea.

### 17.6.2 Mecanismo automático de rechazo de paquetes

Siempre que sea posible, el sistema debería incluir un mecanismo automático de rechazo de productos que se active cuando el detector de metales encuentre contaminación por metales. Su objetivo es eliminar los paquetes contaminados de la línea de producción antes de su envío.

El mecanismo de rechazo tendría que diseñarse específicamente para los productos que se fueran a inspeccionar, por lo que dependerá de los requisitos de la aplicación. Asimismo, debe tener presente la velocidad de la línea y de los paquetes, el peso de estos, su forma y dimensiones, así como la naturaleza del material de empaquetado.

Con ello, se garantiza la máxima capacidad de rechazo y, además, se libera la dependencia de los operadores de la línea, el área en la que se suelen producir más fallos del sistema. Se recomienda que

el sistema de alarma de parada y rechazo manual se use solo en circunstancias excepcionales.

Se encuentran disponibles muchos tipos de mecanismos de rechazo y en la mayor parte de ellos el funcionamiento es neumático (como mecanismos por chorro de aire, empujadores, brazos de barrido, etc.). Dichos sistemas neumáticos de rechazo pueden equiparse con un interruptor de fallo neumático, que activará una alarma si la presión del aire cae por debajo de un punto crítico que podría impedir que se realizase un rechazo efectivo. También se pueden incorporar reservas de aire para incrementar la seguridad global a prueba de fallos de los sistemas de rechazo neumáticos.

### 17.6.3 Sensor de paquetes y codificador de velocidad de cinta transportadora

Ambos componentes funcionan en combinación con el dispositivo de rechazo y el detector de metales. En conjunto, determinan la posición exacta de un paquete contaminado en la cinta transportadora para que el paquete se retire correctamente de la línea. El sensor de paquetes identifica la presencia de cada paquete a distancias fijas conocidas del detector de metales y el mecanismo de rechazo.

No se recomienda el uso del temporizador incorporado en el detector de metales sin un sensor de paquetes adicional. Posiblemente, el hecho de no emplear una fotocélula es la razón principal por la que los productos contaminados consiguen llegar al consumidor final. Esto se debe a que la sincronización del mecanismo de rechazo puede cambiar en función de la posición del metal en el producto y el tamaño real del contaminante.

A causa de ello, la sincronización del funcionamiento del sistema de rechazo puede ser propensa a variaciones y no rechazar con precisión el producto contaminado correcto. La combinación del sensor de paquetes externo y el temporizador de rechazo incorporado garantiza unos niveles muy superiores de rechazos acertados.

Si se usa un sistema transportador con un motovariador, debe emplearse un codificador de velocidad de cinta transportadora junto con el sensor de entrada de paquetes para controlar el funcionamiento del mecanismo de rechazo.

Esto garantiza que el tiempo que pasa entre que se detecta el metal e interviene el mecanismo de rechazo se calcule de forma precisa, lo que permite al mecanismo de rechazo identificar el paquete contaminado independientemente de la velocidad de la línea. Esto es imprescindible si la línea es propensa a paradas y arranques frecuentes.

### 17.6.4 Contenedor de recogida de rechazos con cierre, sensor de confirmación de rechazo y sensor de contenedor lleno

El contenedor de recogida de rechazos tiene como fin almacenar de manera temporal los paquetes rechazados (es decir, contaminados). El contenedor debe poder cerrarse para garantizar que los paquetes contaminados no puedan extraerse y volver a introducirse más adelante en la línea de producción, en procesos

posteriores del sistema de inspección. La llave del cierre nunca se debe dejar en las instalaciones y debe guardarla un miembro del personal autorizado o de categoría superior.

Al retirar la llave del contenedor con cierre, se evita que el personal sin autorización consiga acceder a productos contaminados, lo que se encuentra en consonancia con los principios de la diligencia debida y del HACCP. Los detectores de metales avanzados pueden configurarse para activar un temporizador cuando se abra la puerta del contenedor de rechazo; además, pueden apagar el sistema automáticamente si la puerta se deja abierta de forma inadvertida durante un periodo de tiempo superior al predefinido. Asimismo, pueden suministrarse sistemas que sustituyan la llave física por una contraseña de desbloqueo.

Estos procesos de seguridad aumentan aún más la seguridad y la integridad del contenedor de rechazo, puesto que solo el personal autorizado puede acceder a él. En la entrada del contenedor de rechazo, o justo después, debería colocarse un sensor de confirmación de rechazo. Una vez que se detecte el metal, se puede configurar el sistema para que espere una señal más por parte del sensor de confirmación de rechazo que indique que un paquete ha entrado en el contenedor de rechazo.

Si no se recibe esta señal, el sistema emite una alarma y se detiene el transportador. El sistema de confirmación de rechazo debe ser lo suficientemente inteligente como para gestionar numerosos sucesos de detección, con independencia de que se trate de:

- Sucesos de detección provocados por varios paquetes con contaminante metálico.
- Varios sucesos de detección originados por una o más piezas grandes de metal.

El sensor de contenedor lleno elimina el riesgo de que un paquete contaminado no se retire del transportador porque el contenedor de rechazo esté lleno de productos rechazados. Cuando el contenedor esté prácticamente lleno (se recomienda que se establezca este nivel en el 80 % de su capacidad), se puede activar una alarma (o configurar el transportador para que se detenga) de modo que pueda abrirse el contenedor y puedan eliminarse los paquetes rechazados. Con ello se evita el riesgo de un fallo de rechazo debido a que el contenedor de rechazo está lleno.

Debe proporcionarse una carcasa o un protector de túnel para el lado del sistema por donde salen los productos. Como mínimo, deben extenderse desde el lado de salida del detector de metales hasta más allá del final del contenedor de rechazo. La finalidad de este protector es la de impedir la retirada no autorizada de productos contaminados del sistema; con ello, se evita que los productos contaminados se vuelvan a introducir por accidente en el sistema después de haber sido rechazados.

### 17.6.5 Sensor de comprobación de rechazo

Para que el mecanismo de rechazo funcione de forma precisa, el detector de metales y el sensor de entrada de paquetes deben funcionar en todo momento. Si el detector de metales falla, el sistema de supervisión de fallos incorporado detendría el transportador.

En caso de que falle el sensor de entrada de paquetes, el mecanismo de rechazo quedaría inoperativo. Debido a que no se habría recibido ninguna señal de confirmación de rechazo, el sensor de confirmación de rechazo identificaría este fallo la próxima vez que se detectara metal.

La aparición de estos sucesos implica que el sistema de confirmación de rechazo no ha fallado también. No obstante, esperar a que el sistema falle va en contra de las buenas conductas de trabajo y provocaría que tuvieran que ponerse en cuarentena todos los productos inspeccionados desde la última verificación del rendimiento correcta y tuvieran que volverse a inspeccionar.

La inclusión del sensor de comprobación de rechazo proporciona supervisión en tiempo real del sensor de entrada de paquetes y viceversa. Si algún sensor identifica un fallo, el sistema emite una alarma que permite llevar a cabo la acción correctora adecuada.

Además de controlar el estado del sensor de entrada de paquetes, el sensor de comprobación de rechazo también actúa como prueba de reserva del sistema de confirmación de rechazo, lo cual incrementa enormemente la seguridad a prueba de fallos de todo el sistema. Hay algunos escenarios poco frecuentes en los que el sistema de confirmación de rechazo ha cumplido su función, pero aun así se ha permitido que el producto contaminado siguiera avanzando por la línea de producción.

Por ejemplo, es posible que el producto contaminado rebote, por algún motivo, del contenedor de rechazo cuando ya se ha confirmado como rechazado. En este caso, el sensor de comprobación de rechazo actuaría como prueba de reserva del sistema de confirmación de rechazo, puesto que esperaría un producto contaminado rechazado. El sensor de comprobación de rechazo emitiría entonces una alarma al identificar un paquete cuando en realidad debería haber un espacio vacío. Posteriormente, se originaría una situación de fallo y se detendría el transportador.

### 17.6.6 Interruptor de reinicio con llave

Todos los elementos a prueba de fallos que detienen el transportador deberían estar conectados a un interruptor de reinicio con llave, en lugar de a un pulsador. Solo el personal autorizado a guardar la llave debe poder reiniciar el sistema una vez solventado el fallo o la situación. Nunca debe dejarse la llave con el sistema y esta debería guardarla solo una persona autorizada.

### 17.6.7 Torreta con baliza de advertencia

Una torreta con baliza de advertencia conectada al sistema de detección de metales puede indicar advertencias. Suele tratarse de una baliza de fallo con código de color de alta visibilidad, que permite una rápida identificación y rectificación del problema.

De esta forma, se garantizan tiempos de inactividad mínimos. También pueden configurarse alarmas sonoras para que se activen cuando funcione la baliza de advertencia. Se recomienda que, en caso de que se produzca cualquiera de estas situaciones de fallo durante el proceso de fabricación normal, este se detenga de inmediato hasta que:

- Se solucione la situación.
- El sistema se haya validado por medio del procedimiento apropiado de comprobación del sistema.
- El sistema se haya documentado como plenamente operativo mediante el procedimiento apropiado de comprobación del sistema.

### 17.6.8 Registro de accesos y servicio de inicio de sesión de alta seguridad

Los sistemas sofisticados de detección de metales pueden ayudar al operador a cumplir los estándares y proporcionar un valioso seguimiento de auditoría. Esto se consigue mediante la emisión de códigos de entrada exclusivos para cada operador y específicos para cada idioma. Este proceso garantiza que cada operador pueda responsabilizarse de sus acciones.

Un sistema de este tipo suele ser suficiente para evitar el uso inadecuado del equipo y da respuesta a las necesidades de las inspecciones periódicas a fin de proporcionar la base para una defensa de la diligencia debida. En estos sistemas, se realiza un registro automático de todos los inicios de sesión del detector de metales, donde también se indica la fecha, la hora y el nombre de la persona que ha iniciado sesión.

Mediante el registro de esta información y la autorización de acceso al sistema solo a través de contraseñas individuales, se demuestra la conformidad con los estándares y los requisitos de conservación de registros del HACCP, y se conforma una sólida base para la defensa de la diligencia debida.

### 17.6.9 Responsabilidad de la dirección

Dado que muchos detectores de metales se consideran PCC, es responsabilidad de la dirección garantizar que todo el personal gestione estos puntos de control según proceda. Los operadores deben tener presente que sus acciones resultan esenciales para el funcionamiento del punto del control, por lo que cualquier falta debería estar sujeta a una acción disciplinaria.

# Conocimiento de las aplicaciones exigentes para mejorar la detección de metales

Es un hecho sobradamente documentado: en la industria alimentaria, muchos de los productos que se inspeccionan en busca de contaminación por metales presentan un fenómeno conocido como "efecto de producto". Se trata del efecto por el que el tipo de producto que se está inspeccionando puede, por sí mismo, dificultar la capacidad de las tecnologías de inspección de identificar un contaminante concreto.

## 18 Conocimiento de las aplicaciones exigentes para mejorar la detección de metales

- 18.1 Explicación del efecto de producto
- 18.2 Factores que influyen en el efecto de producto
- 18.3 ¿Qué es un producto seco?
- 18.4 Tratamiento del efecto de producto
- 18.5 Resumen

Es posible que otras tecnologías de inspección empleen denominaciones distintas para este fenómeno, pero en el caso de la detección de metales, los productos se clasifican como "húmedos" o "secos". En este capítulo, se explica el significado de ambos términos, además de describirse las razones por las que resulta fundamental tener en cuenta el efecto de producto a la hora de elegir el detector de metales adecuado.

Para comprender el efecto de producto, es importante recordar el funcionamiento de los detectores de metales, información que figura en el capítulo 1. Al familiarizarse con el contenido de este capítulo, le quedarán claros los motivos por los que los productos presentan este fenómeno y su importancia.

### 18.1 Explicación del efecto de producto

Los metales no son los únicos materiales con capacidad para conducir electricidad y generar campos magnéticos. Muchos productos alimentarios presentan la misma habilidad, aunque en menor medida que los metales.

Por ejemplo, el agua salada (solución salina) es un conductor de electricidad relativamente bueno, pero presenta una permeabilidad muy baja en comparación con el hierro. Si se expone un producto con un elevado contenido en sales a un

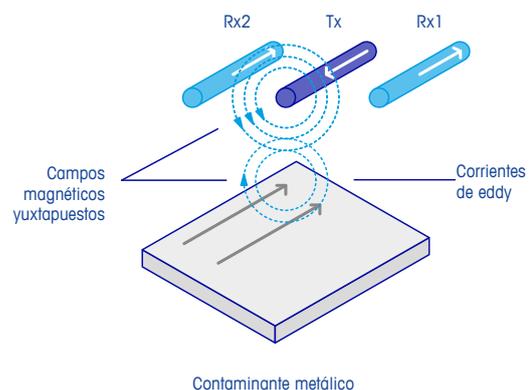


Figura 18.1

campo magnético, se formarán corrientes de eddy en el producto y, como ocurre con los metales, se creará un campo magnético (consulte la figura 18.1).

La baja permeabilidad de la solución salina tenderá a debilitar el campo magnético, pero no lo neutralizará. Este campo magnético es relativamente pequeño en comparación con un volumen equivalente de hierro y causará un mínimo efecto en el campo magnético de la abertura.

No obstante, los detectores de metales son instrumentos de precisión que detectan contaminantes metálicos muy pequeños en productos mucho más grandes. Si un producto con un elevado porcentaje de sales fuese lo suficientemente grande, crearía un campo magnético con un tamaño más que suficiente para alterar el campo magnético al igual que lo haría un contaminante metálico pequeño.

En las aplicaciones reales, el volumen de un contaminante metálico común es cientos o incluso miles de veces más pequeño que los productos que se inspeccionan y es precisamente esta diferencia de volumen la que provoca que el producto afecte al campo magnético de la abertura, del mismo modo que lo haría un contaminante metálico.

Cuando un producto puede afectar a un detector de metales en el mismo grado que un contaminante metálico, presenta "efecto de producto". Existen numerosos productos con un contenido de humedad elevado que muestran un efecto de producto naturalmente alto, a los cuales se les denomina, por lo general, productos "húmedos".

Artículos como la carne fresca de vacuno, de pollo o de pescado presentan un elevado contenido de humedad y son relativamente buenos conductores.

Es más probable que produzcan una señal en el detector de metales similar a la que generarían pequeños contaminantes metálicos. Este efecto de producto dificulta la capacidad del detector de discernir entre el producto y el contaminante metálico.

Por lo tanto, el tamaño del contaminante, que puede detectarse en aplicaciones de efecto de producto, es mayor que en las aplicaciones "secas". La sensibilidad del detector también varía según el tipo de contaminante metálico.

## 18.2 Factores que influyen en el efecto de producto

Existen numerosos factores que afectan a las características de un producto y no es tarea fácil controlar estas variaciones en una línea de producción. A fin de compensar dichas variaciones, a menudo se reduce la sensibilidad del detector de metales de forma que la mayoría de los productos puedan pasar por el detector sin activar falsos disparos. No obstante, también se ve disminuida la sensibilidad general del detector.

### 18.2.1 Variación del contenido de humedad

El contenido de humedad y sales puede cambiar en gran medida de un paquete a otro. En el caso de la carne de vacuno, por ejemplo, el contenido depende de la pieza de ternera que se esté inspeccionando. El contenido de humedad y sales también variará de un animal al siguiente.

Si el producto está marinado, la cantidad y la consistencia del marinado no serán siempre uniformes, y estos factores pueden

cambiar muy rápidamente la conductividad y permeabilidad del producto.

### 18.2.2 Temperatura

La temperatura del producto inspeccionado afecta de manera significativa a su capacidad de alterar el campo magnético del detector.

Los cambios en la temperatura del producto modifican su conductividad, por lo que alteran la formación de corrientes de eddy y el campo magnético resultante.

Cuando se exponen productos congelados a temperaturas más altas, tiene lugar una condensación en su parte exterior, con lo cual cambia la forma en la que los productos influyen en el campo magnético. Si se dejan calentar aún más, se empezarán a descongelar.

La descongelación permite que la humedad presente en ellos conduzca las corrientes de eddy mejor que cuando estaban congelados. Tanto la descongelación como la condensación de la superficie afectan notablemente a la capacidad del detector de metales de mantener su sensibilidad.

Sin embargo, la principal repercusión del cambio de temperatura no radica en la intensidad del campo magnético generado, sino en la modificación resultante de las características (ángulo de fase) de la tensión inducida a las bobinas receptoras.

Un cambio de temperatura relativamente bajo (es decir, de 5 °C) cambiará en gran medida la señal del producto en el detector de metales.

### 18.2.3 Tamaño y forma de los productos

Los productos envasados habituales presentan un aspecto uniforme que genera una señal de producto constante que el detector interpreta con facilidad. Sin embargo, otros productos, como los pollos enteros, varían de modo considerable de tamaño, forma y peso. Por lo general, un pollo más grande producirá una señal de producto mayor que uno pequeño.

### 18.2.4 La posición y la orientación del producto a su paso por el detector

Teniendo en cuenta que el tamaño y la forma de un pollo repercuten en el campo magnético, resulta fácil comprender por qué su orientación a su paso por el detector puede producir un efecto similar. Si el pollo pasa por el detector en posición longitudinal (es decir, con la cabeza por delante), su señal aparece con un tamaño mucho menor en el detector de metales que si pasa a través de él en posición transversal.

La tarea de controlar la orientación de productos tales como los pollos frescos puede tornarse una tarea complicada en la línea de producción. Es habitual que varios pollos pasen por la abertura a la misma vez, lo cual aumenta drásticamente la variación de la señal del producto.

La posición de los productos en el transportador también influye en la detectabilidad de los contaminantes metálicos. El campo magnético de la zona central de la abertura del detector de metales es el más débil.

Por consiguiente, un producto que pase por el centro de la abertura estará expuesto a un campo magnético menos intenso que otro que pase cerca de los laterales de la abertura, donde

se concentra la mayor fuerza del campo magnético. Así pues, el impacto del producto en el campo magnético depende de su posición en la abertura.

### 18.2.5 Uniformidad y densidad del producto

Los distintos materiales exhiben diferentes niveles de permeabilidad y conductividad, y su impacto en el campo magnético de la abertura también varía notablemente. La proporción de los ingredientes (o el contenido de hueso en el caso de las carnes) influirá en su inspección.

Esta ausencia de uniformidad en el producto inspeccionado constituye uno de los mayores retos a la hora de analizar artículos como comidas preparadas. Una bandeja con puré de patatas, salchichas y salsa produce una señal de producto que varía de manera considerable, puesto que hay cambios en la cantidad y la proporción de los ingredientes que provocan que el tamaño de la señal se modifique.

### 18.2.6 Material de empaquetado

En la actualidad, se usan distintos materiales de empaquetado en la industria alimentaria. Muchos de ellos casi no afectan a la sensibilidad del detector de metales.

Sin embargo, algunos materiales de empaquetado, como las láminas metalizadas, pueden tener un gran impacto en la sensibilidad alcanzable.

Las láminas metalizadas están fabricadas con materiales de revestimiento (como polipropileno o politereftalato de etileno) con una fina capa de metal, normalmente aluminio.

La fina capa de aluminio (~0,5 µm) de la superficie de las láminas contará con una permeabilidad magnética similar a la del aire libre, pero tendrá unos niveles de conductividad relativamente buenos, según el grosor y la uniformidad de la capa de aluminio.

La conductividad relativamente alta de las láminas metalizadas permite la formación de corrientes de eddy en la fina capa de aluminio. Esto, a su vez, genera un campo magnético que afectará al de la abertura del detector de metales.

Los empaquetados de lámina metalizada pueden dificultar la detección de contaminación metálica en el interior del producto. En determinados casos, se suele recomendar que se inspeccionen los productos antes de envasarlos con láminas metalizadas.

Un buen ejemplo de técnicas de inspección adecuadas es la práctica ampliamente adoptada de usar detectores de metales de garganta en la industria de los aperitivos a la hora de inspeccionar productos empaquetados en láminas metalizadas.

Si este tipo de inspección no resulta factible, se puede inspeccionar el paquete acabado y, mediante el uso de lo último en tecnología MSF, se pueden alcanzar altísimos niveles de sensibilidad en la detección de metales. En algunos casos (cuando las láminas metalizadas son finas), el grado de sensibilidad que se logra es casi el mismo que si se inspeccionara un producto seco envasado con polietileno.

## 18.3 ¿Qué es un producto seco?

En los detectores de bobina equilibrada descritos anteriormente, hay varios productos que pueden pasar por el detector sin provocar ningún cambio importante en el campo magnético. Por ejemplo, si se pasa un saco de harina seca (con una conductividad y permeabilidad muy bajas) a través del detector, no afectará mucho al estado equilibrado del detector de metales.

Estos productos se denominan "secos". No obstante, el término "seco" puede llevar a confusión en ocasiones, ya que algunos productos secos tienen un importante efecto de producto, mientras que determinados productos húmedos aparecen como secos durante su inspección.

Los productos como la carne fresca presentan elevados niveles de efecto de producto, aunque la carne congelada se asemeja más a un producto seco. Esto se debe sobre todo a que la conductividad del agua congelada desciende prácticamente hasta cero, con lo que se evita la formación de corrientes de eddy y sus campos magnéticos resultantes.

## 18.4 Tratamiento del efecto de producto

A pesar de los retos que entraña el efecto de producto, un detector de metales moderno con un diseño adecuado y que use la tecnología disponible debería ser capaz de llevar a cabo funciones de inspección con un elevado nivel de calidad siempre que esté especificado para que se adapte a la aplicación.

### 18.4.1 Frecuencias bajas frente a frecuencias altas

Los detectores de metales pueden diseñarse para que funcionen con diversas frecuencias, desde solo 25 kHz hasta 1 MHz. Si un detector de metales funciona a 1 MHz, el campo magnético de su abertura cambia la polaridad 1 000 000 de veces por segundo.

Las corrientes de eddy se forman en un campo magnético alterno y la cantidad de corriente generada depende de la intensidad y la frecuencia de dicho campo. Las corrientes de eddy que se generen en un producto serán mucho mayores a 1 MHz que a 25 kHz.

A bajas frecuencias, como 25 kHz, el campo magnético que se forma en la abertura es relativamente fuerte, pero las corrientes de eddy y el campo magnético correspondientes que se generan en el producto son relativamente débiles. El campo magnético del producto casi no afecta al fuerte campo magnético de la abertura, por lo que la señal del producto es relativamente baja,

como también lo es, sin embargo, la del contaminante metálico. A estas frecuencias, el ruido eléctrico y electromagnético se convierte en un factor importante con respecto a la sensibilidad que puede alcanzar el detector de metales.

A frecuencias muy altas, la potencia máxima que puede derivarse a la bobina transmisora es limitada, por lo que el campo magnético de la abertura es mucho más reducido que el que se genera a frecuencias más bajas.

Por el contrario, la amplitud de las corrientes de eddy del producto y del contaminante es más elevada a frecuencias más

altas. Por este motivo, se forma un campo magnético más grande alrededor del producto.

La señal del producto resultante es relativamente alta en comparación con el campo magnético de la abertura, por lo que resulta difícil detectar el contaminante metálico. A frecuencias muy altas (1 MHz), las aplicaciones con un efecto de producto elevado saturan con facilidad el detector de metales, de modo que se pone en peligro la sensibilidad.

En la tecnología de detección de metales tradicional, siempre existe un equilibrio entre el efecto de producto, la frecuencia de funcionamiento máxima y la sensibilidad del detector de metales. Según la antigua regla, cuanto mayor sea el efecto de producto (es decir, cuanto más húmedo sea el producto), menor serán la frecuencia óptima y la sensibilidad del detector.

Sin embargo, con la aparición de la tecnología MSF, esta regla ha quedado obsoleta, puesto que el detector de metales ahora funcionará con dos o más frecuencias al mismo tiempo y al menos una de ellas se encontrará en el modo de frecuencia alta.

En comparación, cuanto menor sea el efecto de producto, mayor serán la frecuencia de funcionamiento y la sensibilidad del detector. Los productos secos con un reducido efecto de producto ejercen un impacto insignificante en el detector de metales a altas frecuencias, por lo que el detector puede identificar con facilidad cualquier mínima contaminación metálica a dichas frecuencias.

## 18.4.2 Discriminación de fases

La frecuencia de funcionamiento por sí sola no basta para hacer frente al efecto de un producto, por lo cual se requieren técnicas adicionales para posibilitar la detección de contaminantes metálicos muy pequeños.

La técnica más habitual que se emplea en los detectores de metales que funcionan con una frecuencia individual se denomina "discriminación de fases".

Consiste en separar o discriminar señales, lo que implica que se puede reducir drásticamente la señal del producto, a la vez que se amplifica la señal del metal. Esto se consigue registrando las características o fases de la señal del producto y colocando una envolvente de discriminación alrededor de esta.

De este modo, se ignora de manera efectiva la señal del producto del interior del envolvente y se detectan las que provienen de fuera.

La discriminación de fases también suele conocerse como "filtro de fases" y "control de fases". En los primeros detectores de metales analógicos, la discriminación de fases se implementaba mediante una técnica relativamente sencilla que proporcionaba un nivel básico de rendimiento de la sensibilidad.

A medida que los detectores de metales industriales evolucionaron y se digitalizaron, la discriminación de fases se optimizó y se mejoró el rendimiento de la sensibilidad.

Los detectores de metales más sofisticados del mercado actual disponen de un procesador de señales digital (DSP) especializado para llevar a cabo la discriminación de fases y otras técnicas avanzadas de procesamiento de señales. Todo ello permite detectar contaminantes metálicos aún más pequeños.

## 18.4.3 Detectores de metales de frecuencia multisimultánea

Hoy en día, los detectores de metales con más sensibilidad del mercado funcionan de forma simultánea a más de una frecuencia y se conocen como detectores de frecuencia multisimultánea (MSF). Estos detectores abordan el problema del efecto de producto de una manera nueva e innovadora.

Los nuevos detectores de metales MSF emplean diversas combinaciones de frecuencias altas y bajas simultáneamente. Los más sofisticados emplean una tecnología integrada de supresión de la señal del producto con dos etapas de discriminación: frecuencia y fase.

De este modo, se anula la información derivada de combinaciones de frecuencias altas y bajas. Como resultado, se elimina de forma efectiva la señal del producto, lo que permite detectar contaminantes metálicos mucho más pequeños.

Además, esta tecnología puede hacer frente con eficacia a las variaciones de productos. Una vez configurado el detector para inspeccionar un producto en concreto, se aplica la tecnología de supresión de la señal del producto a todos y cada uno de los productos que pasen por el detector.

El sistema electrónico integrado en el detector se ajusta según las variaciones en el efecto de producto de cada producto inspeccionado, con lo que se aumenta drásticamente su capacidad para detectar contaminantes metálicos pequeños de manera sistemática.

Dicho ajuste en función de las variaciones resulta tan eficaz que incluso puede compensar varios productos iguales que pasen por el detector de metales a la vez.

La mejora en el rendimiento del detector (de los detectores de metales tradicionales de una sola frecuencia a los de frecuencia multisimultánea) es de hasta un 50 % en las aplicaciones de láminas metalizadas o efecto de producto.

En aplicaciones más exigentes, para alguno o todos los factores de efecto de producto incluidos en este capítulo puede resultar difícil funcionar de acuerdo con un estándar de detección de fábrica.

Los intentos de cumplir un estándar de fábrica suelen implicar el aumento de los niveles de sensibilidad hasta un punto en el cual la configuración del detector de metales se vuelve inestable y el sistema rechaza productos válidos. Es lo que se conoce como "falso rechazo" o "falso positivo".

El hecho de que el equipo funcione con una alta tasa de falsos rechazos (FRR) puede resultar muy costoso para una empresa, hasta el extremo de tener que llegar a una solución intermedia con respecto al estándar de detección de fábrica.

En la actualidad, la aparición de la tecnología MSF y de supresión de la señal del producto garantiza en mayor medida a los fabricantes el cumplimiento (o superación) de estándares de detección de fábrica sin necesidad de preocuparse por que se produzcan falsos rechazos costosos.

## 18.5. Resumen

Todos los productos inspeccionados por el detector de metales influyen en la capacidad de este de encontrar contaminación metálica en el producto. Esta influencia se denomina "efecto de producto". Aquellos que presentan un elevado efecto de producto suelen llamarse productos "húmedos" o "aplicaciones con un efecto de producto alto".

Los factores que afectan a la inspección de productos húmedos o productos con un elevado efecto de producto son:

- El contenido de humedad del producto
- La temperatura del producto
- El tamaño y la forma del producto
- La posición y la orientación del producto a su paso por el detector
- La uniformidad o la densidad del producto
- El material de empaquetado
- La frecuencia a la que se inspecciona el producto

Los productos con un efecto de producto muy bajo se califican como "secos". Estos pueden inspeccionarse a frecuencias y niveles de sensibilidad muy altos.

Los productos con un efecto de producto elevado suponen un reto mucho mayor y la selección de un detector de metales y un proveedor de estos sistemas se convierte en una tarea bastante más compleja.

En el caso de este tipo de aplicaciones, los fabricantes deberían consultar a un proveedor experto que disponga de la tecnología y el servicio de soporte necesarios para ocuparse de estos problemas.

Un buen proveedor de detectores de metales debería ofrecer una amplia gama de detectores para cada aplicación. Por lo tanto, debe prestar la misma atención a la selección del detector que a la del proveedor.

Un proveedor de detectores de metales competente debería poder ofrecer:

- Una completa gama de productos que empleen distintas tecnologías con la mejor sensibilidad.
- Detectores de metales de buena calidad y alta estabilidad con una protección excelente frente a interferencias electromagnéticas y de otra naturaleza.
- Una red de servicios de soporte fiable con cobertura mundial, a fin de disponer de asistencia en cualquier lugar en el que esté instalado un detector de metales.
- Conocimientos de lo que se necesita para desarrollar un programa de detección de contaminantes que cumpla con los estándares de seguridad alimentaria.
- Un detector de metales fácil de configurar y usar.
- Soluciones de detección de metales preparadas para el futuro que puedan crecer con el negocio del fabricante.

A fin de facilitar a los usuarios la elección de los detectores de metales correctos para su producto, los proveedores deberían ofertar diversas gamas de productos que se adecuasen a cada requisito. En este sentido, los detectores de metales con un solo ajuste de frecuencia son aptos para la inspección de productos secos, mientras que los de frecuencia multisimultánea resultan apropiados para todas las aplicaciones con láminas metalizadas y efecto de producto.

Tecnología	Sensibilidad de los productos secos	Sensibilidad exigente	Preparación para el futuro
Detector de metales monofrecuencia (ajuste de frecuencias de baja a media)	Intermedia	Válida	Deficiente
Detector de metales monofrecuencia (ajuste de frecuencias altas)	Excelente	Intermedia	Deficiente
Detector de metales con dos de tres frecuencias fijas (ajuste de frecuencia de baja a media)	Intermedia	Válida	Buena
Detector de metales con dos de tres frecuencias fijas (ajuste de frecuencia de baja a alta)	Excelente	Buena	Muy buena
Detector de metales de frecuencia variable (sin ajuste; amplio rango de frecuencias)	Intermedia	Válida	Excelente
Detector de metales de frecuencia dual simultánea (funcionamiento individual)	Buena	Muy buena	Excelente
Detector de metales de frecuencia multisimultánea (técnica de sustracción simultánea)	Buena	Excelente	Excelente

Tabla 18a: tecnología de frecuencias de los detectores de metales y capacidades de inspección correspondientes



# Protección frente a explosiones para detectores de metales

## Protección de las aplicaciones de caída por gravedad y en transportador

### 19 Protección frente a explosiones para detectores de metales

- 19.1 Más vale prevenir que curar
- 19.2 Protección a prueba de explosiones
- 19.3 Ir sobre seguro
- 19.4 La seguridad es lo primero
- 19.5 Una apuesta segura
- 19.6 La seguridad ante todo
- 19.7 ¿Ha pensado en todo? La seguridad debe ser lo primero
- 19.8 Referencias

#### 19.1 Más vale prevenir que curar

La protección y la seguridad son aspectos decisivos en la producción industrial. No solo protegen la vida de las personas y previenen lesiones, sino que también evitan pérdidas económicas. Con frecuencia, escuchamos relatos de accidentes en fábricas que causan perjuicios fácilmente evitables. En muchas ocasiones, las lesiones de trabajadores o los daños materiales son el resultado de ignorar las medidas de seguridad, usar la maquinaria de manera inadecuada o simplemente actuar sin el cuidado debido.

Con el desarrollo de la industria moderna, la maquinaria y las plantas de fabricación se diseñan y construyen de manera cada vez más segura. Los reglamentos y las normativas siempre han desempeñado un papel importante en este sentido. Y todavía lo desempeñan, puesto que establecen las condiciones de trabajo básicas para fabricantes y empresarios y, de esta forma, ayudan a garantizar la seguridad y protección en la producción. Dada la complejidad y variedad de las industrias existentes y su carácter cada vez más internacional, en la actualidad conviven un gran número de normativas supranacionales sobre seguridad que afectan, en particular, a empresas y fabricantes que operan en todo el mundo. Aunque los principios subyacentes a estas normativas son similares, la forma de aplicarlos es distinta. No obstante, deben observarse en todos los casos por todas las partes implicadas.

En los procesos de producción, las sustancias inflamables y las atmósferas potencialmente explosivas de las modernas instalaciones de fabricación constituyen una importante fuente de peligro. Muchos sectores de la industria utilizan sustancias inflamables, como gases, vapores, neblinas o polvo, que pueden formar rápidamente una mezcla explosiva si entran en contacto con oxígeno. Este problema va mucho más allá de las industrias química y petroquímica. Incluso en zonas de producción aparentemente inocuas, como en las instalaciones para la fabricación de alimentos, existe el riesgo de explosión. Por ejemplo: el polvo de harina puede incendiarse al hacer pan. Y cuando usa productos de aseo o cosméticos, ¿se para a pensar en que llenar los aerosoles exige medidas de protección especiales para los empleados y la maquinaria a fin de descartar el riesgo de explosión?

En zonas de producción con riesgo de explosión, más vale prevenir que curar. Cumplir la normativa, ponerla en práctica y ser consciente en todo momento de las condiciones físicas predominantes son aspectos fundamentales a la hora de establecer unos niveles de protección y seguridad adecuados en zonas de trabajo peligrosas. El uso de detectores de metales en estas zonas peligrosas exige del fabricante amplios conocimientos de las circunstancias físicas y una larga experiencia que le permita cumplir con las diversas normativas internacionales. A su vez, los operadores deben conocer los requisitos relativos a la ubicación y al equipo de dichas normativas y condiciones a fin de garantizar que se implementan de forma correcta.

En este capítulo se proporciona una visión general de la protección contra explosiones en relación con los detectores de metales con el objetivo de garantizar el nivel más alto posible de seguridad en entornos de producción.

Al fin y al cabo, más vale prevenir que curar.

## 19.2 Protección a prueba de explosiones

Principios físicos y definiciones. Los principios físicos que se presentan en este documento son ampliamente conocidos y están basados en leyes físicas que, en su mayor parte, se han demostrado y definido mediante experimentos. Una explosión se define como una reacción química o un proceso físico en el cual la temperatura y la presión aumentan significativamente en un breve intervalo de tiempo. Esto causa una súbita expansión del volumen de los gases, lo que libera una gran cantidad de energía en un espacio muy pequeño. En una explosión siempre encontraremos estos tres ingredientes (figura 19.1):

1. Una sustancia inflamable en la proporción y concentración requeridas.
2. Oxígeno suficiente en el aire.
3. Una fuente (eficaz) de ignición.

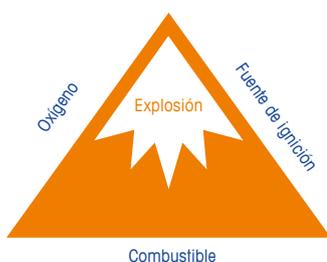


Figura 19.1: el triángulo de las explosiones

Sin embargo, esto no implica necesariamente que se tenga que producir una explosión siempre que estos tres componentes coincidan en el espacio. Existen otros requisitos y propiedades físicas que deben tenerse en cuenta (figura 19.2). Por ejemplo: la concentración de la mezcla es un factor clave. Si es demasiado alta (rica) o demasiado baja (pobre), no se desencadenará ninguna combustión o tendrá lugar una combustión estacionaria. El rango comprendido entre los valores en los que la mezcla es demasiado pobre o demasiado rica se conoce como (intervalo de explosión), que es en el que se produce una reacción explosiva. Cada gas y vapor inflamable tiene unos límites de explosión superiores e inferiores distintos. Pero es que, además, las mezclas de sustancias inflamables también presentan sus propios límites. Estos límites también se ven afectados por la presión y la temperatura del entorno, así como por la proporción de oxígeno en el aire.

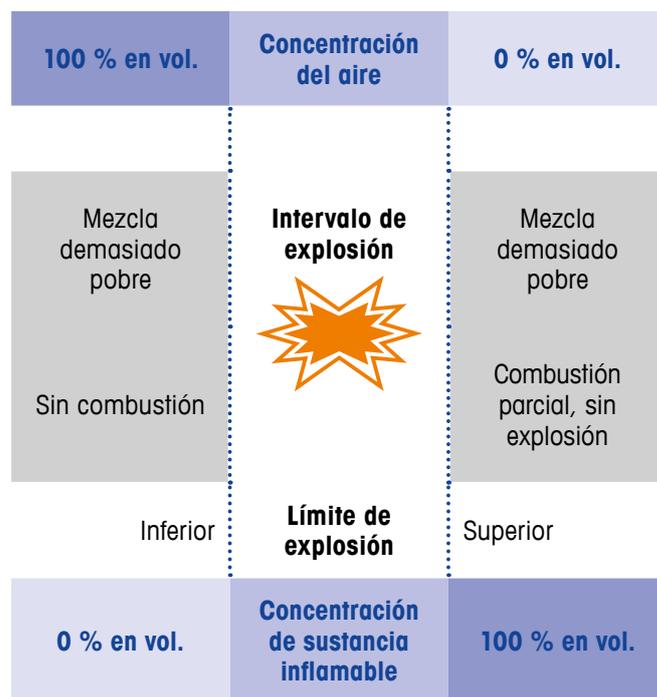


Figura 19.2: ilustración de los límites de explosión

El factor decisivo en la ignición de atmósferas potencialmente explosivas es la fuente de ignición, que puede adoptar diversas formas. Las fuentes más habituales en la industria son las siguientes:

- Superficies calientes.
- Llamas y gases calientes.
- Chispas generadas mecánicamente.
- Chispas generadas eléctricamente.
- Corrientes eléctricas aisladas.
- Electricidad estática.
- Caída de rayos.
- Ondas electromagnéticas.
- Radiación ionizante.
- Ultrasonidos.
- Compresión adiabática/ondas de choque.
- Reacciones exotérmicas.

### 19.2.1 Protección frente a explosiones, paso a paso

El triángulo de la explosión nos proporciona un punto de partida para comprender cómo se puede evitar una explosión. La idea es que, para que haya explosión, debe haber oxígeno en el aire, una sustancia inflamable y una fuente de ignición. Esto significa que debemos buscar la manera de eliminar uno de estos elementos (o varios de ellos) de este triángulo. Por ejemplo, podemos retirar la sustancia inflamable o reemplazarla por otra. Otra opción consiste en colocar el equipo dentro de una carcasa que encierre la sustancia inflamable en un espacio antideflagrante. También podemos extraer el oxígeno y reemplazarlo por un gas inerte, es decir, un gas que presenta una reactividad muy pequeña, como el nitrógeno. Asimismo, existe un método usado con mucha frecuencia que consiste en reducir la energía del equipo hasta tal punto que ya no pueda convertirse en una fuente de ignición. Si adoptamos este enfoque, podremos aplicar un procedimiento sistemático de protección frente a explosiones constituido por tres fases, donde cada fase se superpone a la anterior.

### 19.2.2 Fase uno: protección frente a explosiones primaria

La protección primaria frente a explosiones incluye todas aquellas medidas de seguridad que impiden la formación de una atmósfera potencialmente explosiva. Entre estas medidas, se encuentran las siguientes:

- Usar sustitutos de sustancias inflamables.
- Usar gases inertes.
- Usar detectores de gas.
- Evitar la formación de atmósferas explosivas en entornos peligrosos. Ejemplo: usar ventilación.

### 19.2.3 Fase dos: protección frente a explosiones secundaria

Si no es posible evitar la formación de atmósferas potencialmente explosivas o el grado de protección que se alcanza es insuficiente, esta fase permite implementar las medidas adecuadas para impedir la ignición de la atmósfera potencialmente explosiva. Entre estas medidas, se encuentran las siguientes:

- Usar materiales apropiados, como acero inoxidable, para que no se produzcan chispas.
- Impedir que se genere electricidad estática, p. ej., mediante una buena toma de tierra y materiales conductores.
- Evitar superficies calientes.

### 19.2.4 Fase tres: protección frente a explosiones terciaria

Si no es posible evitar la formación de atmósferas potencialmente explosivas o el grado de protección que se alcanza es insuficiente, y tampoco se puede eliminar la eventualidad de una ignición, se deben tomar las medidas adecuadas para reducir el impacto de una explosión hasta un nivel sin riesgo. Entre estas medidas, se encuentran las siguientes:

- Encapsular el espacio en una carcasa a prueba de explosiones o resistente a la sobrepresión de ondas de choque a fin de proteger el entorno exterior en caso de explosión. Esta medida tiene la ventaja de que se pueden usar equipos industriales estándar y tan solo debe adaptarse la carcasa.
- Usar equipos de alivio de presión: la energía se libera de manera controlada a través de una abertura a fin de impedir la ignición de la zona general en riesgo de explosión fuera de la carcasa.
- Usar equipos de extinción especiales para contener las explosiones.

Todas las medidas de estas tres fases de protección frente a explosiones conforman un sistema integrado que también define el orden en el que deben aplicarse dichas medidas (consulte la figura 19.3).

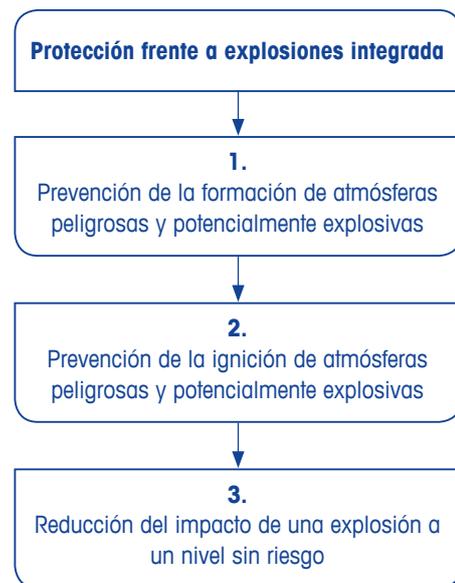


Figura 19.3

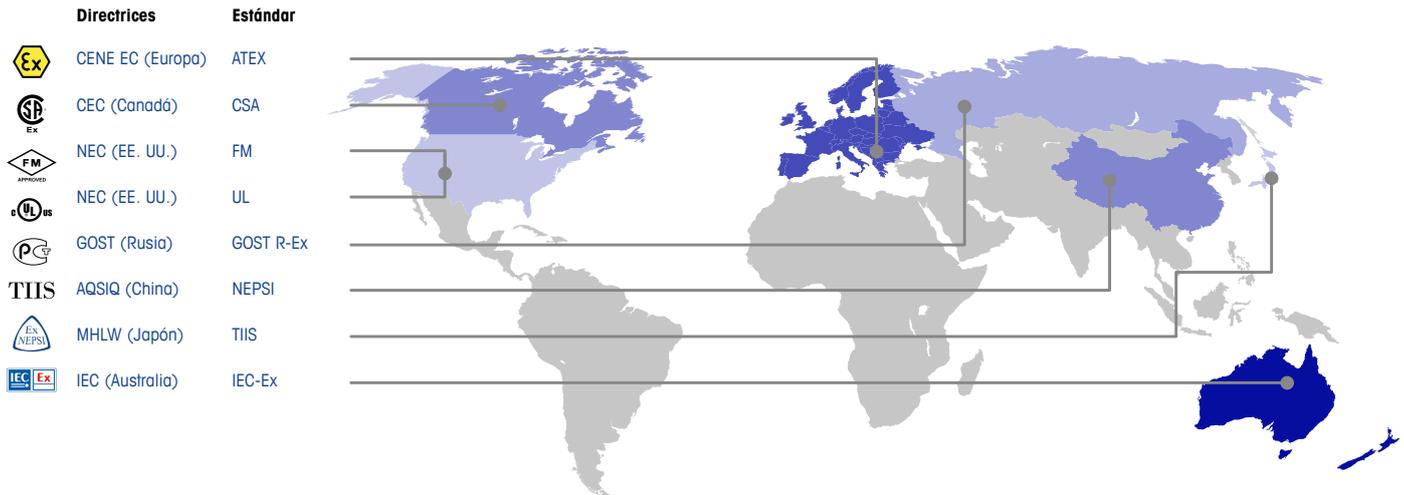


Figura 19.4: estándares y normativas que difieren en todo el planeta

## 19.3 Ir sobre seguro

Desde el punto de vista de la protección frente a explosiones, lo primero que cabe decir es que todo lugar en este mundo, por su propia naturaleza, está gobernado por las mismas leyes de la física y de la química. En segundo lugar, hemos desarrollado procedimientos técnicos y medidas de protección que son, en general, similares en todo el mundo. Aun así, existen algunas diferencias en mayor o menor medida.

Los estándares y las normas de obligado cumplimiento facilitan la libre circulación de bienes, ya que permiten delimitar un marco de trabajo con el mismo reconocimiento: esto abarca desde los requisitos de certificación de productos hasta las medidas de protección para los empleados que trabajan con estos productos. Con este trasfondo de la libre circulación global de bienes, las autoridades trabajan para desarrollar estándares uniformes tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Sin embargo, la historia y el nivel de desarrollo particular de cada país hace que muchas zonas, incluidas aquellas en las que se implementan medidas de protección frente a explosiones, no cumplan los estándares globales. Pero esto empieza a cambiar.

Para los fabricantes de equipos para zonas con riesgo de explosión, esto significa que deben cumplir con distintas normativas regionales y nacionales de los países o regiones en los que se venden los productos. Mientras tanto, las empresas de fabricación que operan en todo el mundo deben cumplir en cada caso con medidas de protección y obligaciones del operador diferentes. Para ello, deben conocer las normas aplicables.

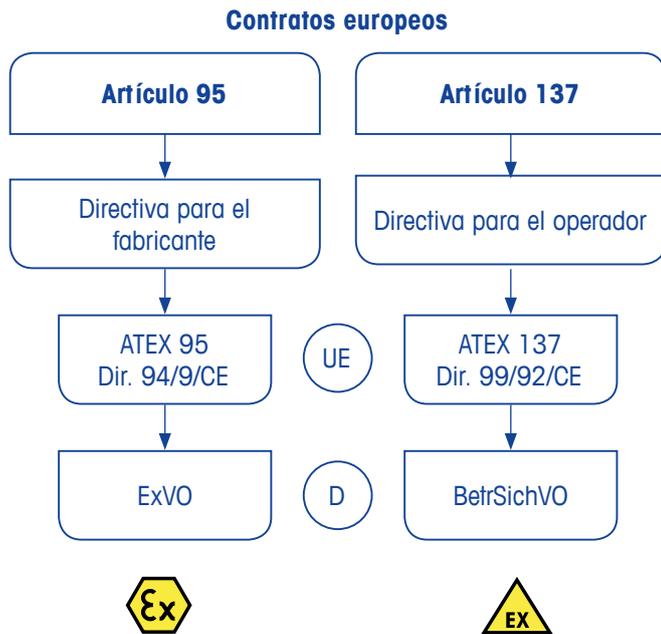
### 19.3.1 La jungla de relaciones entre estándares y normativas

El principal impulsor de la estandarización a lo largo de los años ha sido la organización internacional para la estandarización IEC. La IEC (International Electrotechnical Commission: Comisión Electrotécnica Internacional) es la principal organización en la promoción de los estándares internacionales aplicables a las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines. Su objetivo es el de armonizar los numerosos estándares y normativas existentes en todo el mundo y eliminar las barreras comerciales que afectan a productos relacionados entre sí.



#### Con este fin, ha desarrollado el sistema IECEx.

Este sistema define un proceso preciso para la comprobación y certificación de productos nuevos y designa organismos autorizados para llevar a cabo estas tareas. Además, este sistema de certificación se ha ampliado y en la actualidad abarca el mantenimiento y la reparación de equipos a prueba de explosiones. Una tercera rama del sistema IECEx define el nivel de experiencia requerido por los especialistas que trabajan en zonas con riesgo de explosión. El estándar definitivo es el IEC 60079 y sus subdivisiones, e incluye los requisitos para zonas con riesgo de explosión. No obstante, dado que actualmente no existe ningún estándar reconocido en todo el mundo, las normativas nacionales pueden diferir de este estándar. Teniendo esto en cuenta, en cada caso es necesario comprobar en qué medida pueden aplicarse los estándares IEC en cada uno de los países.



**Figura 19.5:** transposición de las directivas europeas en normativas nacionales en el caso de Alemania

¿Cuáles son los fundamentos legales actuales en Europa? En la década de los 70 del siglo pasado, el Consejo de la Comunidad Europea sentó las bases para la libre circulación de equipos eléctricos y no eléctricos a prueba de explosiones en las regiones de la Unión Europea. Los estándares europeos equivalentes elaborados por CENELEC (el comité responsable de la estandarización del ámbito de la ingeniería eléctrica en Europa) y CEN (responsable de la estandarización del resto de las áreas técnicas) reemplazaron los estándares nacionales que habían sido válidos hasta aquel momento. Y prosiguió la armonización de las normativas. Por ejemplo: la organización internacional de estandarización IEC adoptó los estándares europeos para equipos eléctricos elaborados por CENELEC, la organización europea de estandarización.



En la década de los 90, se observó la introducción de dos directivas que lograban la armonización completa y que contemplaban todo tipo de equipos. La Directiva 94/9/CE (ATEX 95) regula los requisitos de las propiedades de los equipos a prueba de explosiones y los sistemas de protección, mientras que la Directiva

europea 99/92/CE (ATEX 137) establece especificaciones de funcionamiento en zonas con riesgo de explosión y define medidas encaminadas a garantizar la seguridad de las personas que trabajan en dichas zonas. Estas dos directivas se transpusieron posteriormente a las leyes de cada país. La Directiva 94/9/CE (ATEX 95) debía incluirse en las leyes nacionales sin modificación alguna. En Alemania, esto se consiguió mediante la normativa de protección frente a explosiones (ExVO). Por su parte, la Directiva europea 99/92/CE (ATEX 137) daba opción de ampliarse a la hora de transponerla a las leyes nacionales. Esto dio lugar a la introducción del Reglamento sobre salud y seguridad industrial.

### 19.3.2 Contenido de la Directiva de la UE 99/92/CE (ATEX 137)

Esta directiva va dirigida a los operadores que trabajan en instalaciones con riesgo de explosión y establece sus obligaciones. Conforme al contenido de la directiva, el riesgo de explosión en una fábrica debe evaluarse antes de ponerla en funcionamiento. Para ello, se divide la fábrica en zonas clasificadas, que son espacios en los que pueden surgir atmósferas potencialmente explosivas. Deben listarse todas las medidas que se han adoptado para proteger a los empleados y documentarlas en un documento de protección frente a explosiones específico.

### 19.3.3 Contenido de la Directiva de la UE 94/9/CE (ATEX 95)

Esta directiva establece los requisitos de seguridad básicos de los equipos y sistemas de protección usados en zonas con riesgo de explosión. Por ejemplo, los equipos se clasifican en categorías que reflejan sus niveles de seguridad. Esto establece con claridad en qué zonas puede usarse el equipo en cuestión sin que se convierta en una potencial fuente de ignición. Las medidas de protección adecuadas que introduce el fabricante (conocidas como tipos de protección) tienen la función de garantizar que se preserva la seguridad.

Esta directiva también regula los requisitos que debe cumplir una pieza de un equipo o sistema con el fin de considerarse apta para el comercio en Europa. Esto significa que determina cómo debe estructurarse un procedimiento de evaluación de conformidad (para la aprobación del equipo) en función de la categoría del equipo. En algunos casos, el fabricante tiene la posibilidad de llevar a cabo y documentar el procedimiento él mismo. Sin embargo, lo normal es que un organismo notificado (como la BSI, British Standards Institution, etc. en el Reino Unido; o TÜV, Dekra, PTB, etc. en Alemania) deba realizar un examen y certificación de tipo CE. Además, está prohibido comercializar un equipo sin adjuntar las instrucciones de uso o sin los marcados CE y Ex. Los marcados CE y Ex certifican que el equipo cumple con todas las directivas correspondientes de la UE.

Aunque los principios básicos de la protección frente a explosiones puedan ser los mismos en todo el mundo, también se han elaborado diferentes sistemas que difieren de las especificaciones de IEC.

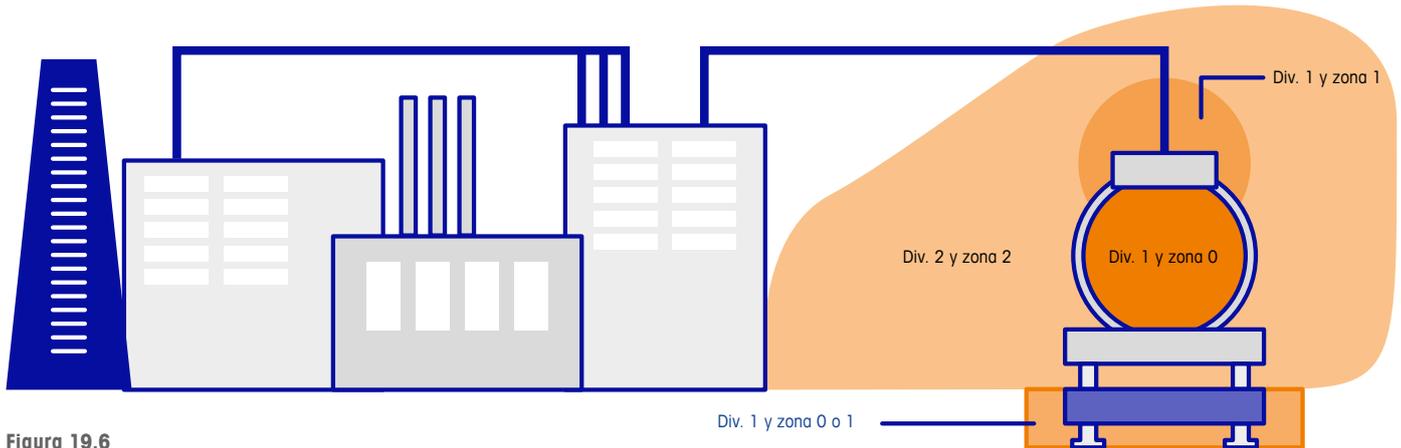


Figura 19.6

**Clasificación de entornos con riesgo de explosión para materiales de clase I (gases, vapores y líquidos)**

	Hay material inflamable presente en todo momento o está presente durante períodos prolongados.	Hay material inflamable presente en todo momento durante el funcionamiento normal.	Tan solo hay material inflamable presente durante el funcionamiento normal.
<b>Sistema de zonas NEC, artículo 505</b>	Zona 0	Zona 1	Zona 2
<b>Sistema de zonas NEC, artículo 500</b>	División 1		División 2

Tabla 19a

**19.3.4 EE. UU., Canadá, Rusia y China**



EE. UU. y Canadá. En EE. UU. todas las normativas relacionadas con las instalaciones de fabricación con riesgo de explosión pueden hallarse en el Código eléctrico nacional (NEC, National Electrical Code). En Canadá, se incluyen en el Código eléctrico canadiense (CEC, Canadian Electrical Code). Son comparables a las

normas ATEX de Europa, aunque remiten a una serie de estándares adicionales de otras instituciones. Las directivas ATEX no están reconocidas en EE. UU.

Mientras que las normativas de estos países muestran diferencias con respecto al sistema IEC, también demuestran que ha habido intentos por armonizarlas. Por ejemplo, las áreas con riesgo de explosión en una empresa tradicionalmente se clasificaban por divisiones, en lugar de zonas. Sin embargo, esto cambió durante la década de los 90 del siglo pasado, que es cuando el concepto de zona propio de IEC se introdujo en Canadá y se incorporó como complemento en el sistema existente en EE. UU. Esto significa que, en la actualidad, EE. UU. presenta tanto un sistema de zonas como de divisiones.

En EE. UU., organizaciones tales como la Underwriters Laboratories Inc. (UL) o la Factory Mutual Research Corporation (FM) son las encargadas de establecer los estándares. Por su parte, en Canadá, la tarea corre de la mano de la Canadian Standards Association (CSA), además de organizaciones de estandarización y organismos certificados, que son comparables

al PTB en Europa. Cuentan con sus propios métodos de prueba para verificar la conformidad con las directrices NEC y publican sus propios documentos de aprobación.



Rusia. En Rusia, en el año 2001, se dio un nuevo paso hacia la armonización con los estándares internacionales IEC mediante la introducción de una serie de nuevos estándares. Estos no solo definen los requisitos para construir equipos apropiados, sino que también establecen la clasificación de zonas con riesgo de explosión y los niveles de protección requeridos en estas áreas. A pesar de todo, es evidente que las normativas nacionales difieren en muchos aspectos de los estándares internacionales.



China. Todos los equipos que se usan en zonas con riesgo de explosión deben probarse y aprobarse por una empresa de comprobación y certificación nacional (p. ej., NEPSI). Se trata de un requisito legal en la República Popular China. Los estándares nacionales constituyen la base de estos procedimientos de certificación. Desde hace algún tiempo, se está llevando a cabo un proceso de armonización con los estándares nacionales de IEC y del NEC de EE. UU. Sin embargo, a este proceso aún le queda mucho camino por recorrer.

**Conclusión:** muchos estándares que se aplican en todo el mundo se basan en otros estándares, pero la idea clave es que estos estándares son similares en todo el planeta. A pesar de ello, no existe todavía un estándar global uniforme. Por lo tanto,

los productos que se venden en diferentes países cuentan con diferentes certificaciones para distintos entornos con riesgo de explosión. Es más: los símbolos de las etiquetas correspondientes difieren unos de otros. Muchos países del sudeste asiático y Latinoamérica carecen de estándares propios y, por consiguiente, aceptan las aprobaciones ATEX o FM.

## 19.4 La seguridad es lo primero

### Principios técnicos

Las empresas de fabricación con entornos con riesgo de aparición de atmósferas potencialmente explosivas están obligadas a usar equipos y materiales que puedan manipularse de manera segura en dichos entornos. La directiva y el estándar correspondientes señalan los criterios que se deben aplicar en cada caso.

### Clasificación de zonas

Gas (G)	Zona 0	Espacio en el que siempre hay presente, o está presente con mucha frecuencia, o durante periodos prolongados, una atmósfera potencialmente explosiva en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables.
	Zona 1	Espacio en el que en ocasiones puede surgir una atmósfera peligrosa potencialmente explosiva en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables durante el funcionamiento normal.
	Zona 2	Espacio en el que no suele surgir (o surge brevemente) una atmósfera peligrosa potencialmente explosiva en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables durante el funcionamiento normal.
Polvo (D)	Zona 20	Espacio en el que siempre hay presente, o está presente con frecuencia o durante periodos prolongados, una atmósfera peligrosa potencialmente explosiva en forma de una nube de polvo inflamable contenido en el aire.
	Zona 21	Espacio en el que en ocasiones puede surgir una atmósfera peligrosa potencialmente explosiva en forma de una nube de polvo inflamable contenido en el aire durante el funcionamiento normal.
	Zona 22	Espacio en el que no suele surgir (o surge brevemente) una atmósfera peligrosa potencialmente explosiva en forma de una nube de polvo inflamable contenido en el aire durante el funcionamiento normal.

Tabla 19b: visión general de la clasificación por zonas según las definiciones incluidas en el Reglamento sobre salud y seguridad industrial

El sistema sobre el que se sustenta esta idea exige que la empresa analice y clasifique el entorno para determinar qué equipos pueden usarse en esos espacios. Por ejemplo, una normativa fundamental para las empresas de Alemania (y, por tanto, para todos los Estados miembro de la UE) es la Directiva europea 99/92/CE (ATEX 137), que se ha transpuesto al ámbito nacional mediante el Reglamento sobre salud y seguridad industrial. Según esta norma, una persona competente debe evaluar las áreas con riesgo de explosión y clasificarlas en zonas definidas. Para poder llevar a cabo esta clasificación, esta persona debe contar con unos amplios conocimientos sobre las sustancias inflamables, los procesos y los equipos que se usan. El sistema basado en normativas al que se hace referencia en este documento presenta tres tipos de zona.

Los fabricantes deben suministrar equipos y materiales para cada una de estas zonas con los correspondientes dispositivos de protección. Las especificaciones para Europa se incluyen en la Directiva 94/9/CE (ATEX 95), que los países afectados están obligados a incorporar a las leyes nacionales sin modificación alguna. Por ejemplo: en Alemania, esto se llevó a cabo mediante la normativa de protección frente a explosiones. Esta norma define la categoría aplicable del equipo, que determina exactamente qué pieza puede usarse en cada zona definida. Esta información se garantiza mediante procesos de certificación y evaluaciones de conformidad establecidos, que deben documentarse adecuadamente.

### 19.4.1 Principios técnicos que se aplican en la actualidad

Aunque históricamente la prevención de explosiones surgió por primera vez en la minería (gas grisú), fue la creciente industrialización la que aumentó la necesidad de regular la protección frente a explosiones. Además de la industria química, las áreas de producción con un alto riesgo de explosión se fueron incorporando a la lista de otras zonas industriales tradicionales, como los molinos. Hablamos de industrias tales como la textil, la alimentaria y la maderera.

Esta evolución histórica es, con probabilidad, lo que dio lugar al actual sistema de clasificación de dos niveles. Tanto la Directiva de la UE 99/92/CE (ATEX 137) como las de IEC distinguen entre dos grupos de equipos principales:

**Grupo I: equipos usados en la extracción subterránea**

**Grupo II: equipos usados en industrias de superficie (otras industrias)**

**Nota:** Dado que los detectores de metales no se usan en la extracción subterránea, en este capítulo no se explican las medidas de protección de dicho ámbito, sino que se trata exclusivamente el grupo II.

Las directivas y su implementación marcan otra distinción fundamental al diferenciar en sus clasificaciones entre los diversos materiales inflamables. Normalmente, se señalan los siguientes tipos de material:

- Gas (G)
- Polvo (D)

## Definición de categorías de equipos y niveles de protección de equipos (EPL)

Clasificación de equipos para su uso en áreas de superficie con riesgo de explosión en el ámbito europeo en tres categorías de equipo para áreas con riesgo de explosión debido a gas (G) o para áreas con polvo inflamable (D) de acuerdo con la Directiva europea 94/9/CE (ATEX 95).	Clasificación de equipos para su uso en áreas de superficie con riesgo de explosión en tres niveles de protección para áreas con riesgo de explosión debido a gas (G) o para áreas con polvo inflamable (D) de acuerdo con la directiva internacional IEC 60079-0.
<b>Categoría 1: 1G o 1D</b> Nivel muy alto de seguridad. Seguro incluso cuando se producen averías poco comunes en el equipo. Dos medidas de protección frente a explosiones independientes. Seguro incluso cuando se producen dos averías que no tienen relación entre sí.	<b>EPL Ga o Da</b> Equipo con un nivel de protección "muy alto" para su uso en áreas con riesgo de explosión donde no existe riesgo de ignición durante el funcionamiento normal, o en el caso de errores o averías previsibles o poco comunes.
<b>Categoría 2: 2G o 2D</b> Nivel alto de seguridad. Seguro incluso en el caso de averías que se producen frecuentemente o son probables. Seguro incluso cuando se produce una avería.	<b>EPL Gb o Db</b> Equipo con un nivel de protección "alto" para su uso en áreas con riesgo de explosión donde no existe riesgo de ignición durante el funcionamiento normal, o en el caso de errores o averías previsibles.
<b>Categoría 3: 3G o 3D</b> Nivel de seguridad normal. Seguro durante el funcionamiento normal.	<b>EPL Gc o Dc</b> Equipo con un nivel de protección ampliado para su uso en áreas con riesgo de explosión donde no existe riesgo de ignición durante el funcionamiento normal y que dispone de medidas de protección adicionales que garantizan que no existe riesgo de ignición en el caso de averías previsibles del equipo.

Tabla 19c

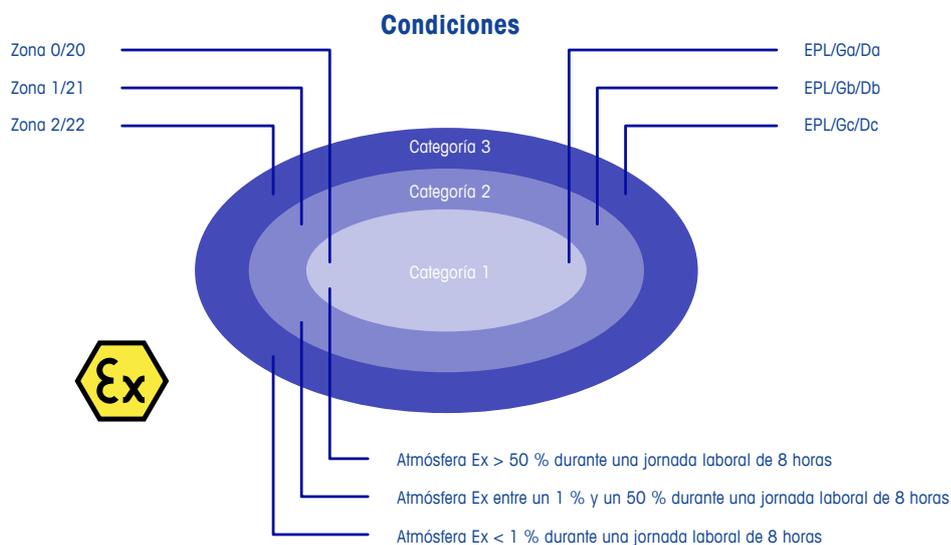


Figura 19.7: relaciones entre zonas, categorías y EPL

### 19.4.2 Clasificación de zonas

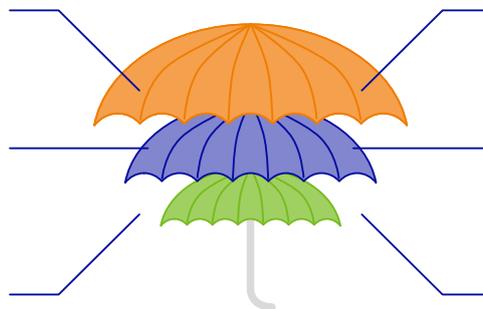
Tal y como se ha mencionado anteriormente, las áreas con riesgo de explosión se clasifican en zonas, las cuales determinan la probabilidad de que se formen atmósferas potencialmente explosivas. Después, el operador puede basarse en esta clasificación para escoger los equipos y materiales adecuados. Esta clasificación está incluida tanto en el conjunto de estándares 60079 de IEC como en la Directiva europea 99/92/CE (ATEX 137). Asimismo, está incorporada a las transposiciones nacionales que derivan de dichos estándares y directivas. En Alemania, la normativa nacional se transpuso en el Reglamento sobre salud y seguridad industrial.

El proceso de clasificación por zonas y la correspondiente evaluación del riesgo de explosión debe realizarlos una persona u organismo competente que determinará, además, las medidas de protección necesarias. Los equipos que se usen deberán corresponder con las categorías de equipo asignadas y con los niveles de protección de equipos (EPL) prescritos por la clasificación por zonas.

Estos requisitos de los equipos se clasifican en función de las categorías de equipos definidas en la Directiva europea 94/9/CE (ATEX 95). El nivel de protección de equipos (EPL), introducido por IEC, se aplica en el ámbito internacional. A la hora de marcar los equipos, pueden usarse ambas clasificaciones. Esta clasificación indica la probabilidad de ignición y tiene en cuenta las atmósferas con gas y polvo potencialmente explosivas.

#### Grupos de explosiones por gas

- IIC:** de fácil ignición  
(por ejemplo, hidrógeno o acetileno)
- IIB:** inflamable  
(por ejemplo, gas de alumbrado, etileno o etilenglicol)
- IIA:** de difícil ignición  
(por ejemplo, acetona, benceno o tolueno)



#### Grupos de explosiones por polvo

- IIC:** polvos conductores  
( $\leq 10^3 \Omega m$ )
- IIB:** polvos no conductores  
( $> 10^3 \Omega m$ )
- IIA:** fibras inflamables  
( $> 500 \mu m$ )

Figura 19.8

### Clases de temperaturas

Temperatura de ignición de gases y vapores en C	Clase de temperatura	Máxima temperatura de superficie del equipo en °C
>450	T1	450
>300 a 450	T2	300
>200 a 300	T3	200
>135 a 200	T4	135
>100 a 135	T5	100
>85 a 100	T6	85

Figura 19.9: ejemplo de gases y vapores en las clasificaciones de grupos de explosión y clases de temperaturas

### 19.4.3 Más información sobre grupos de explosión de polvo y gas

Hasta ahora, los equipos a prueba de explosión se han clasificado en equipos del grupo I (equipos subterráneos para trabajar en minas con riesgo de explosión de grisú) y equipos del grupo II (equipos de superficie para trabajar en zonas con riesgo de explosión, excluidas las minas). El grupo de equipos II, que es en el que se centra este artículo técnico, permite realizar otra distinción entre zonas con riesgo debido a gases, vapores y nieblas, y zonas con riesgo debido a polvo. La información que aparece en la figura 19.8 muestra las relaciones que existen entre el grupo de explosión de gas y polvo, y el tipo de protección requerido en cada caso.

### 19.4.4 Temperatura de ignición y clases de temperatura

“La temperatura de ignición es la temperatura más baja de una superficie caliente a la que prende una sustancia inflamable en forma de gas/aire o vapor / mezcla de aire bajo unas condiciones definidas”. Se han definido clases de temperatura (de T1 a T6) para gases y vapores inflamables a fin de garantizar la seguridad y la protección. En la práctica, esto significa que la máxima temperatura de superficie de un material siempre debe ser inferior a la temperatura de ignición del gas/aire o del vapor / mezcla de aire.

Grupo de explosión	Clases de temperaturas					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	No relevante para los detectores de metales					
II A	Acetona Etano Acetato de etilo Amoníaco Benceno (puro) Ácido acético Monóxido de carbono Dióxido de carbono Metano Metanol Propano Tolueno	Etanol Acetato de pentilo n-butano Butanol	Bencina Gasóleo Carburante de aviación Fuel doméstico n-hexano	Acetaldehído Éter etílico		
II B	Gas ciudad (gas para alumbrado)	Etileno				Disulfuro de carbono
II C	Hidrógeno	Acetileno			Disulfuro de hidrógeno	

Tabla 19d

### 19.4.5 Tipos de protección en la detección de metales

Una de las medidas de protección que puede aplicarse para evitar la ignición en una atmósfera potencialmente explosiva consiste en eliminar la fuente de ignición como posible detonante de explosión. Esta medida forma parte de la protección secundaria frente a explosiones (ver página 5) y puede aplicarse de muchas maneras diferentes. Los tipos de protección se definen en diversos estándares europeos e internacionales IEC/EN 61241 (atmósferas con polvo). Los requisitos de construcción de los diferentes tipos de protección se describen en los estándares correspondientes. El fabricante está obligado a cumplir con estos estándares durante la construcción, la fabricación y las pruebas. Cada fabricante debe realizar una evaluación del riesgo de ignición conforme a los estándares más recientes. Esto es obligatorio con independencia de la zona y categoría aplicables.

Los tipos de protección se clasifican en diferentes niveles para atmósferas con polvo y también para equipos de funcionamiento eléctrico o mecánico. Pueden aplicarse distintas medidas de protección para evitar explosiones, lo cual se refleja en los diferentes tipos de protección. Combinaciones específicas de letras indican los diversos tipos y niveles de protección. No obstante, como norma general todos los tipos de protección son igual de seguros.

Tipo de protección / designación	Estándar IEC/EN
Protección por carcasa "t"	IEC 60079-31, EN 60079-31, IEC 61241-1 y EN 61241-1

Tabla 19e: tipos de protección para equipos eléctricos en zonas con riesgo de explosión debido a polvo

### 19.4.6 Marcado "Ex"

Es obligatorio añadir, como requisito mínimo, determinada información en cada pieza del equipo y del sistema de protección (consulte también 2014/34/UE) que sea clara e indeleble:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Marcado CE.
- Designación de la serie y el tipo.
- Número de fabricación o número de serie, si procede.
- Año de fabricación.
- Marcados especiales relacionados con la prevención de explosiones, además del marcado del grupo y la categoría para el grupo de equipos II; la letra "G" para espacios que contengan gases, vapores, nieblas o mezclas de aire potencialmente explosivos; y la letra "D" para espacios en los que el polvo pueda formar atmósferas potencialmente explosivas.
- Si fuera necesario, debe añadirse al equipo toda la información requerida para garantizar un uso seguro.

**Importante:** Los marcados en los equipos a prueba de explosiones deben garantizar que estos puedan usarse correctamente conforme a sus propiedades de seguridad.

## 19.5 Una apuesta segura

Requisitos específicos para los detectores de metales

Los fabricantes de detectores de metales a prueba de explosiones para aplicaciones de caída por gravedad deben cumplir toda una serie de requisitos a la hora de implementar las medidas de protección correspondientes a la clasificación del riesgo en cuestión. Esto implica no solo cumplir las directrices legales, sino también analizar la manera en la que se organizan sus instalaciones de fabricación en el entorno de producción afectado.

En función de los requisitos del cliente, puede que todo el detector de metales deba usarse en un entorno con riesgo de explosión. No obstante, también puede ocurrir que tan solo se vean afectadas determinadas partes. Por ejemplo: es posible que la interfaz hombre-máquina permanezca fuera de la zona de peligro, mientras que el resto de los componentes del detector de metales queden dentro de ella.

Los fabricantes con experiencia tienen la perspectiva ideal para proporcionar en cada caso la mejor solución que permita cumplir con los requisitos específicos, tanto desde el punto de vista técnico como económico. El gran número de componentes clave de un detector de metales implica la necesidad de aplicar medidas de protección contrastadas que puedan hacer frente a cualquier dificultad. A su vez, esto hace que el concepto de seguridad integrado para la protección frente a explosiones sea esencial para los fabricantes. Esta es la única manera de proteger todos los módulos y que, de esta forma, puedan estar a la altura de las altas exigencias de los entornos y normativas concretos.

## 19.6 La seguridad ante todo

Construcción y manipulación de equipos en zonas con riesgo de explosión.

Todas las personas implicadas deben colaborar para garantizar la seguridad en zonas con riesgo de explosión. Igual que ocurre con el operador y el fabricante del equipo, el constructor, las autoridades pertinentes y el organismo notificado (en su caso) también tienen determinadas obligaciones.

**Operador:** es el responsable de la seguridad del equipo. En consecuencia, debe cumplir las leyes y los estándares nacionales que correspondan. Su principal obligación consiste en evaluar el riesgo de explosión en las instalaciones y determinar las zonas. Estas tareas son la base para la posterior adopción de las medidas de protección y para la selección del equipo apropiado. El operador también debe asegurarse de que los empleados cumplan las medidas de protección y, si resultara necesario, organizar las actividades de formación pertinentes. Asimismo, es responsabilidad del operador garantizar que el equipo se instala correctamente y se prueba antes de ponerse en servicio. Es necesario llevar a cabo con regularidad tareas de mantenimiento y comprobaciones para garantizar el funcionamiento seguro del equipo. Si se traslada el equipo, debe comprobarse su nueva ubicación para asegurarse de que es apropiada para las dimensiones de la máquina.

**Constructor:** el responsable del montaje o instalación del equipo en una atmósfera potencialmente explosiva debe ser diligente en el cumplimiento de los requisitos aplicables. La información relativa al operador y los requisitos legales constituyen el marco que permite garantizar esta conformidad. En el caso de los detectores de metales, con frecuencia es el propio fabricante quien instala el equipo en su ubicación final. No obstante, esto también puede hacerlo una empresa externa o el propio operador.

**Fabricante:** es responsabilidad del fabricante garantizar que todas las piezas del equipo son aptas para su correcta comercialización. Por consiguiente, el fabricante debe cumplir con las leyes y normativas del país en cuestión, y seguir los procedimientos de prueba y evaluación pertinentes. El fabricante también debe proporcionar los marcados y la documentación necesarios del equipo. Por ejemplo, en Europa, el equipo debe llevar los marcados CE y Ex, y suministrarse con las instrucciones de uso. Debe aplicarse un sistema de garantía de calidad adecuado para garantizar que cada pieza del equipo se fabrica con métodos de construcción probados.

**Organismo notificado:** los organismos notificados son instituciones imparciales e independientes cuya principal tarea consiste en la realización de evaluaciones de conformidad en productos destinados a la libre circulación comercial, si es que este es el propósito del producto en cuestión según las directivas de la UE correspondientes. En Alemania, la TÜV, Dekra y PTB son algunas de estas organizaciones.

### 19.6.1 Sobre la aprobación de productos en zonas con peligro de explosión

En función de los requisitos, es posible que se necesiten diversas aprobaciones antes de poder usar una pieza de un equipo en una zona con riesgo de explosión:

- Certificación de las instalaciones de producción del fabricante.
- Un certificado de examen de tipo CE para el producto para los Estados miembro de la UE, aprobación ATEX. Para distribución global: aprobación IECEx. Esto certifica que el equipo cumple todos los requisitos de seguridad contenidos en las normativas legales correspondientes.
- Declaración de conformidad. Con esto, el fabricante declara que el producto se ha construido y comercializado de acuerdo con los requisitos legales establecidos. (Cat. 3G/D).
- Otras posibles aprobaciones: aunque la aprobación ATEX sea suficiente para un gran número de países fuera de la UE, existen algunas excepciones. Por ejemplo, en países como Rusia o EE. UU., se exigen aprobaciones nacionales independientes.

### 19.7 ¿Ha pensado en todo? La seguridad debe ser lo primero

Lista de comprobación de la protección frente a explosiones para un detector de metales (con el ejemplo de 2014/34/UE)

El fabricante tan solo puede decidir usar un determinado detector de metales en una zona con riesgo de explosión tras haber examinado en profundidad los requisitos impuestos por las circunstancias de producción. Esto no siempre es fácil, ya que hay factores que se dan por supuesto y otros que se desconocen. Como cliente, la mejor manera de ayudar a su proveedor consiste en establecer los parámetros fundamentales antes de obtener el presupuesto y analizar sus requisitos. Este enfoque debe formar la base de una planificación exitosa. Se han resumido los puntos más importantes en una lista de comprobación.

Clasificación de atmósfera (ver página 116)	Designación		
Atmósfera de polvo	D	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

Clasificación de zona (ver página 117)

Gas	Polvo	Probabilidad de que se forme una atmósfera potencialmente explosiva	Designación		
0	20	Constantemente, durante períodos prolongados, con frecuencia y de forma predominante	Categoría 1	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
1	21	En ocasiones durante el funcionamiento normal	Categoría 2	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
2	22	Raramente, brevemente	Categoría 3	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

(Adjunte la ficha técnica de seguridad si procede)

#### Valores para sus circunstancias de producción

Humedad relativa del aire [ % ]	%
Temperatura ambiente [ °C ]	°C

Marcado de acuerdo con 2014/34/UE:



Tabla 19f

## 19.8 Páginas web de referencia

### **Directiva 2014/34/UE del fabricante (ATEX)**

<http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/documents/legislation/atex/>

### **Marcado CE**

<http://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/>

### **Protección frente a explosiones internacional**

<http://www.iecex.com>

### **Estándares IEC**

<http://www.iec.ch>

### **Estándares**

<http://www.beuth.de>

### **Estándares DIN**

<http://www.global.ihs.com>

### **ATEX y atmósferas explosivas**

<http://www.hse.gov.uk/fireandexplosion/atex.htm>





## Inspección de productos



[www.mt.com/metalDetection](http://www.mt.com/metalDetection)

Para más información

### **Mettler-Toledo GmbH**

CH-8606 Greifensee, Suiza

Tel.: +41-44-944 22 11

Correo electrónico: [product.inspection@mt.com](mailto:product.inspection@mt.com)

Sitio web: [www.mt.com/contact](http://www.mt.com/contact)

Sujeto a modificaciones técnicas

©06/2016 Mettler-Toledo Safeline Limited.

PI-MD-Guide-ES-GEN-112016