

# Inspección de rayos X

## Más que solamente detección de contaminación



### Contenido

- 1 ¿Por qué usar rayos X para inspeccionar productos?
- 2 ¿Cómo funciona la inspección de rayos X?
- 3 La inspección de rayos X puede ver lo que usted no ve
  - 3.1 Medición de la longitud, ancho, área y volumen del producto
  - 3.2 Identificación de elementos faltantes o rotos
    - 3.2.1 Detección de productos dañados
    - 3.2.2 Detección de productos faltantes
    - 3.2.3 Inspección de insertos
  - 3.3 Medición del peso y supervisión de niveles de llenado
  - 3.4 Inspección del sellado de productos
- 4 Conclusión: sin impactos ni sorpresas

# ¿Qué puede hacer la inspección de rayos X por el control de calidad?

**Desde principio de los 90, las industrias alimentaria y farmacéutica han dependido de la tecnología de rayos X para detectar contaminantes potencialmente dañinos, tales como vidrio y metal, para proteger a los consumidores y mantener la reputación de las marcas.**

¿Pero puede la inspección de rayos X hacer más? ¿Podría la tecnología de rayos X ser un defensor con tareas múltiples de la seguridad de los productos y de la calidad de las marcas?

Este documento técnico describe el potencial de la inspección de rayos X para resolver una amplia variedad de problemas de seguridad de productos y control de calidad encontrados comúnmente en la fabricación de alimentos y fármacos. Explora cómo la inspección de rayos X puede detectar productos defectuosos antes de que salgan de la fábrica para evitar retiros de productos del mercado y descontento del consumidor. Describe también cómo en un solo paso, y a altas velocidades de línea, los sistemas de rayos X pueden llevar a cabo varias tareas de inspección en forma simultánea.

## 1. ¿Por qué usar rayos X para inspeccionar productos?

Los fabricantes de productos alimenticios y farmacéuticos usan la tecnología de rayos X para garantizar la seguridad y calidad de los productos. La inspección de rayos X le ofrece niveles excepcionales de detección de acero inoxidable y metales ferrosos y no ferrosos. Esta tecnología también es sumamente eficaz para detectar otros cuerpos extraños como vidrio, piedras, huesos, plásticos de alta densidad y componentes de caucho. Los sistemas de rayos X pueden, sin embargo, realizar al mismo tiempo un amplio rango de verificaciones de calidad en línea como son mediciones de peso, conteo de componentes, detección de productos faltantes o rotos, supervisión de los niveles de llenado, inspección de la integridad de sellos e inspección de productos y empaquetados dañados.

El incremento de las velocidades de las líneas y de las expectativas del consumidor han ejercido una gran presión sobre los fabricantes para adoptar métodos más confiables de inspección de productos. Aunque no existen requerimientos legales para usar la inspección de rayos X, pautas como el Análisis de Riesgos y Puntos de Control Crítico (HACCP, Hazard Analysis Critical Control Points), la Iniciativa de Seguridad Alimentaria Mundial (GFSI, Global Food Safety Initiative) y las buenas prácticas

de manufactura (Good Manufacturing Practice o GMP), así como estándares ad hoc establecidos por comerciantes individuales transfieren a los fabricantes la responsabilidad de establecer programas confiables de inspección de productos.

La integración de sistemas de inspección de rayos X en el programa de inspección de productos de toda una compañía para garantizar la seguridad y calidad de los productos ayuda a los fabricantes a cumplir con las regulaciones nacionales e internacionales, con la legislación local y con los estándares que establecen los comerciantes.

## 2. ¿Cómo funciona la inspección de rayos X?

Los rayos X son invisibles. Igual que las ondas de luz o de radio, son una forma de radiación electromagnética. Puesto que su longitud de onda es corta, los rayos X pueden atravesar materiales que son opacos a la luz visible. Sin embargo, no cruzan todos los materiales con la misma facilidad. La transparencia de un material a los rayos X se relaciona ampliamente con su densidad, razón por la cual la inspección de rayos X es tan útil en las industrias alimentaria, de bebidas y farmacéutica.

A mayor densidad de un material, menos rayos X lo atraviesan. Los contaminantes ocultos como el vidrio y el metal aparecen con la inspección de rayos X porque absorben más rayos X que el producto que los rodea.

Un sistema de rayos X es esencialmente un dispositivo de escaneo. Cuando un producto pasa a través de la unidad, ésta captura una imagen en escala de grises del producto (Figura 1).

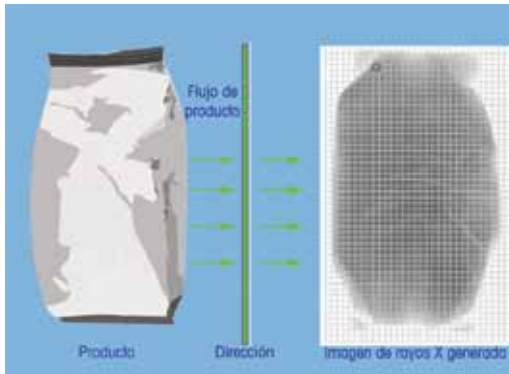


Figura 1: Creación de una imagen de rayos X

El software dentro del sistema de rayos X analiza la imagen en escala de grises y la compara con un estándar de aceptación predeterminado. Con base en esa comparación, acepta o rechaza la imagen.

En caso de rechazarla, el software envía una señal a un sistema de rechazo automático que retira el producto de la línea de producción.

### 3. La inspección de rayos X puede ver lo que usted no ve

Al explotar simples diferencias de densidad y analizar las imágenes de rayos X en escala de grises que resultan, el equipo de inspección de rayos X ha sobrepasado la seguridad de productos para ir a otras áreas del control de calidad.

#### Un sistema de rayos X, muchas funciones de control de calidad

Los sistemas modernos de rayos X son defensores de los productos y de la calidad de las marcas con múltiples tareas, así como detectores de contaminantes. En un solo paso a altas velocidades de línea, los sistemas de rayos X pueden llevar a cabo varias tareas de inspección en forma simultánea, incluyendo:

- medir la longitud, el ancho, el área y el volumen del producto
- identificar productos faltantes o rotos
- monitorear el nivel de llenado
- medir el peso
- inspeccionar posibles sellados defectuosos

...mientras continúan detectando contaminantes.

### 3.1 Medición de la longitud, ancho, área y volumen

La medición de la longitud, ancho, área y volumen de un producto es la forma más simple de inspección de productos usada en conjunto con la detección de contaminación. Este proceso se conoce como 'detector de objetos'.

Como se explicó anteriormente, una imagen de rayos X es una imagen en escala de grises. Cuanto más oscuro sea el gris, hay más producto en el trayecto del haz de rayos X. Al convertir esos tonos grises en una imagen en tres dimensiones, el software puede calcular, por ejemplo, el área de un producto.

Este tipo de análisis de imagen lleva el control de calidad a un nuevo nivel de sofisticación. Identifica productos que no tienen una buena apariencia, incluso si tienen el peso correcto, en la posición correcta, y libres de contaminantes. Es inmensamente útil para fabricantes de productos que dependen del atractivo visual. Por ejemplo, uno de cada tres pastelillos de carne en la Figura 2 tiene un orificio. Este se muestra como un parche claro en medio del gris uniforme.

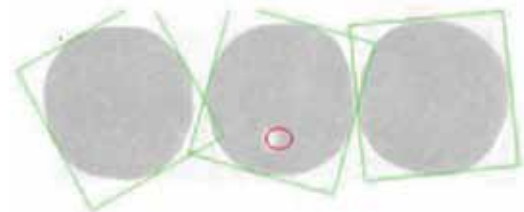


Figura 2: Hueco en pastelillo de 5 mm

Uno de los tres pastelillos en la Figura 3 está deformado.

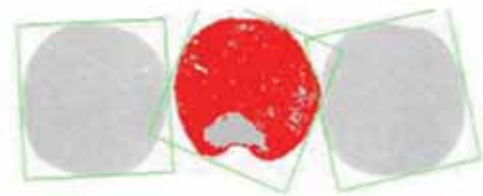


Figura 3: Pastelillo deformado +/- 5%

Los dos baguettes de ajo envueltos (Figura 4) llevan el proceso aún más allá. El problema de control de calidad en este caso es la falta de relleno potencial de mantequilla de ajo en cada ranura porque la máquina de inyección de mantequilla podría obstruirse o agotársele la mantequilla. Puesto que el sistema de rayos X puede ver las gotas individuales de mantequilla, puede analizar cada zona en forma separada. Este verifica que el área o volumen de cada zona cumpla con un estándar preestablecido. Si no lo hace, el producto será rechazado de la línea.

\*Puede encontrar más información acerca de cómo funciona la inspección de rayos X en [www.mt.com/pius-guides](http://www.mt.com/pius-guides)



Figura 4: Muestra dos baguettes de ajo con un relleno deficiente

### 3.2 Identificación de elementos faltantes o rotos

La inspección de rayos X también detectará productos faltantes o extraviados.

Algunos ejemplos son:

#### 1. Detección de productos dañados

- Comprimidos aplastados, faltantes y parciales en un empaque de ampollas
- Empaquetado abollado, achatado o deformado
- Verificación de que el contenido de la caja esté intacto y no roto

#### 2. Detección de productos faltantes

- Conteo de componentes para verificar que están completos
- Verificación de que la palanca de seguro de un inhalador de asma esté en su lugar

#### 3. Inspección de insertos

- Identificación de componentes faltantes tales como tapas e instructivos
- Verificación de la presencia de obsequios de promoción

Estas rutinas de inspección son eficaces cuando un producto está empaquetado en varias capas como en los empaques de burbujas.

### 3.2.1 Detección de productos dañados

La detección de productos dañados se basa en los mismos principios que los de la medición de longitud y volumen. Al establecer tamaños mínimos y máximos para el ancho, altura, volumen o zona del paquete, el software de análisis de rayos X puede detectar un paquete deformado. En la Figura 5, una verificación del área fue suficiente para detectar cajas deformadas y rechazarlas de la línea de producción. El software de rayos X asignó un valor del área de 100 para paquetes aceptables y rechazó todos los que fueran menores de 90.



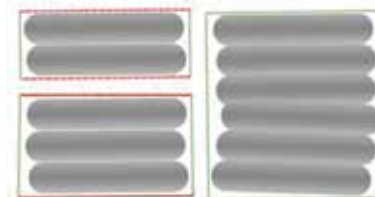
Figura 5: Imagen de rayos X de un paquete de sopa achatado

### 3.2.2 Detección de productos faltantes

Los sistemas de rayos X pueden ver en el interior del empaquetado sellado final para verificar que todos los componentes estén presentes. Pueden contar productos y componentes que no pueden verse o contarse con cámaras o a simple vista. Por ejemplo, pueden contar agujas y jeringas en una caja, verificar la palanca de seguro de un inhalador de asma, contar cubos de queso en una bandeja o piezas de chocolate en una caja de regalo.

La detección de la salchicha faltante en la Figura 6 fue fácil. El software encontró cinco zonas oscuras en la imagen de rayos X de escala de grises cuando se programó para esperar ver seis.

Figura 6: Detección de salchicha faltante



La detección de la presencia de tapones o tapas podría hacerse a simple vista, pero el proceso es mucho más rápido y mucho más confiable con la tecnología de rayos X. Si el tapón falta, el área del tapón aparece más brillante y el producto será rechazado de la línea de producción (Figura 7).



Figura 7: Detección de tapón faltante

### 3.2.3 Inspección de insertos

Si la inspección de rayos X puede identificar objetos que no deberían estar en el empaquetado, también puede encontrar la falta de objetos que deberían estar ahí, como son los panfletos o los obsequios de promoción.

La Figura 8 muestra cajas de lentes de contacto que, de acuerdo con las regulaciones de la industria, deben incluir instructivos de manejo e información del producto. Al verificar que el instructivo esté en su lugar, la inspección de rayos X verifica el cumplimiento con las regulaciones.



Figura 8: Inspección de instructivo



Figura 9: Verificación de la presencia de obsequios de promoción

La Figura 9 es una imagen de rayos X de una caja de cereal que contiene un obsequio de promoción: un juguete. Si el software puede encontrar el juguete, es un paquete aceptable. Al mismo tiempo, la inspección de rayos X puede buscar contaminantes. Al eliminar el juguete en la imagen, el sistema de rayos X puede inspeccionar el resto del paquete. Es un proceso simultáneo en el que el obsequio de promoción no interfiere con la detección de contaminación.

Otro ejemplo viene de la industria de empaquetado de carne. Muchos productos a base de carne contienen oxidantes para ayudar a mantener el producto fresco. Los oxidantes pueden ser muy densos, lo cual puede reducir la efectividad de la detección de contaminación. La Figura 10 muestra cómo, en un paquete de jamón cocido, el sistema de rayos X no solo verifica que el oxidante esté presente, sino que también lo elimina de la imagen de rayos X para detección de contaminación óptima.

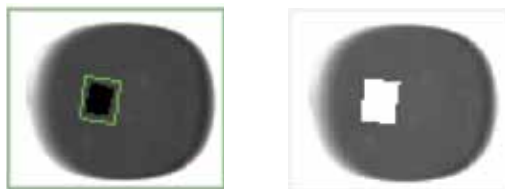


Figura 10: Verificación de rayos X si el oxidante en el jamón está presente

### 3.3 Medición del peso y supervisión de niveles de llenado

Mantener el peso y niveles de llenado correctos de un producto es un reto constante en la fabricación de alimentos y fármacos. La medición del llenado excesivo

y deficiente tiene un efecto en los costos de fabricación y en la satisfacción del consumidor.

La inspección de rayos X puede analizar:

- El peso total de un producto
- Los pesos individuales dentro de varias zonas o compartimientos de un producto
- El nivel de llenado total de un producto
- Los niveles de llenado individuales dentro de varias zonas o compartimientos de un producto

#### 3.3.1 Medición del peso total

Como se explicó en el punto 3.1, una imagen de rayos X se muestra como tonos variables de gris. Al convertir esos tonos grises en una imagen en tres dimensiones, el software de rayos X puede calcular cuánto producto hay en el paquete. Esta verificación volumétrica en tres dimensiones también se usa para medir el peso.

El sistema de rayos X tiene un dispositivo de aprendizaje automático mediante el cual un paquete de peso aceptable (cercano al valor nominal) se pasa a través del sistema de rayos X, comúnmente 10 veces. Entonces se ingresa el peso bruto del paquete en el sistema (el usuario debe haber pesado previamente este paquete en un grupo de básculas estáticas calibradas que ofrezcan un rango de peso y precisión adecuado). En esa forma, el software analítico puede calcular el peso de los paquetes subsecuentes mediante comparación con el peso del paquete de referencia memorizado. El sistema de inspección de rayos X ahora puede comparar todos los productos futuros con el producto de referencia ideal. Si el peso calculado está dentro de la tolerancia programada, el paquete es aceptable. Si varía, el paquete será rechazado.

La Figura 11 muestra una caja que contiene seis barras de cereal envueltas en papel aluminio empaquetadas en dos capas. La barra de cereal central falta en la capa superior, razón por la que otra barra se ha movido de su lugar. Esta se muestra como sombras fuera del rango normal en la imagen de rayos X en escala de grises, por lo que el producto será rechazado.



Figura 11: Paquete de barras de cereal con una faltante



Figura 12: Paquete de rosquillas con una con relleno deficiente y una contaminada

La cantidad de mermelada dentro de una rosquilla es otro ejemplo de cómo la inspección de rayos X puede usarse para ejercer un mejor control de calidad. Desde la parte externa, una rosquilla con demasiada o poca mermelada en el centro parece perfecta. Nadie sabe hasta que le da una mordida. El exceso de mermelada incrementa los costos. La deficiencia de mermelada conduce a insatisfacción. Con la inspección de rayos X, cada rosquilla puede verificarse, aun cuando la línea corre a 600 rosquillas por minuto. El software de inspección de rayos X examina cada imagen de rayos X en escala de grises. A partir del nivel general de oscuridad, calcula el peso de la mermelada dentro de la rosquilla. Si el peso cumple con el estándar preestablecido, la rosquilla pasa la prueba. Si no la pasa, es rechazada de la línea y el fabricante puede ajustar el equipo de relleno para mantener el estándar (Figura 12).

La relación entre la masa y la absorción total de rayos X del producto no es una línea recta. El uso de una función simple de aprendizaje automático de producto es bastante preciso cuando los pesos de los paquetes de producción están cerca del peso objetivo. Los sistemas más sofisticados usan un proceso de aprendizaje automático de tres productos: el punto bajo de rechazo, el peso objetivo y el punto de rechazo alto. Este método permite calcular el peso a partir de variaciones en la absorción de rayos X dentro de un rango más estrecho. Proporciona una precisión mayor que la ofrecida por el rango de peso de producción normal.

La precisión de la medición del peso es aceptable en paquetes homogéneos (por ejemplo, en un bloque de mantequilla), pero menos aceptable en productos empaquetados sueltos (por ejemplo, salchichas en una bolsa o productos cuyos ingredientes pueden variar de un lote a otro). La medición del peso de rayos X es particularmente eficaz para aplicaciones de alta velocidad donde los sistemas tradicionales de pesaje en línea tal vez no ofrezcan el mismo nivel de precisión. Esta permite a los fabricantes cumplir con el peso mínimo, el peso promedio de la Unión Europea o las regulaciones de peso por zonas de los Estados Unidos. En cada caso, el sistema produce estadísticas relevantes acerca de rechazos.

La medición del peso no ofrece una solución global para la conformidad con pesos y medidas. Algunos países esperan aprobación tipo R51, la cual solo aplica a sistemas de pesaje gravitacional.

### 3.3.2 Medición del peso por zonas

Para los productos que se presentan en compartimientos definidos, por ejemplo una caja de chocolates o una

comida preparada con dos compartimientos, la medición del peso puede proporcionar resultados para cada zona o compartimiento individual. Esta permite a los fabricantes verificar el peso total de un producto y los pesos dentro de cada compartimiento.

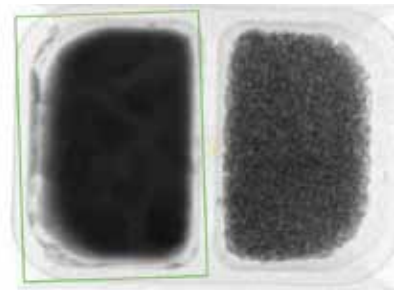


Figura 13: Comida preparada de doble compartimiento

La Figura 13 muestra una comida preparada de doble compartimiento (comida de microondas). El software del sistema de rayos X verifica simultáneamente el peso total del paquete y el de cada compartimiento. En este caso, el peso total es correcto, pero hay un llenado deficiente en el compartimiento de arroz, de manera que el paquete es rechazado.

### 3.3.3 Inspección del nivel de llenado general

La inspección del nivel de llenado es diferente a la medición del peso. Es un proceso de dos dimensiones en un solo proceso de inspección: se determinan niveles de llenado máximo y mínimo y se rechaza cualquier producto que esté fuera de éstos. No importa de qué está hecho el producto o el peso de éste. Simplemente tiene que alcanzar cierta altura dentro del paquete o recipiente. El nivel de llenado se convierte en una imagen simple de dos dimensiones en lugar de la verificación volumétrica de tres dimensiones requerida para medición del peso.

El tubo de papas fritas en la Figura 14 es un ejemplo de verificación del nivel de llenado. Como puede ver, la pila de papas fritas ha colapsado sobre un lado y algunas papas están rotas. Al verificar la altura de la pila, el análisis de rayos X puede indicar que el nivel de llenado ha caído por debajo de un estándar aceptable y rechaza el paquete.



Figura 14: Tubo de papas fritas apiladas



Figura 15: Tarro de yogurt con bajo nivel de llenado

Se puede agregar una retroalimentación opcional a la máquina de llenado para ajustar el nivel de llenado. Esto es especialmente relevante para productos fluidos como las bebidas de yogurt o productos sueltos o en polvo como la leche en polvo (Figura 15).

### 3.3.4 Inspección del nivel de llenado por zonas

La inspección de rayos X es tan buena en la verificación del nivel de llenado por zonas como lo es para verificar mediciones de peso por zonas. Un llenado deficiente en un tarro de, digamos, un paquete múltiple de yogurt podría compensarse con un llenado en exceso en otro tarro.

Otro ejemplo podría ser la inspección del nivel de llenado de cada tarro en un paquete de seis unidades de yogurt. La inspección de rayos X examinará el nivel de llenado en cada tarro. Si cualquier de ellos tiene llenado deficiente, el paquete entero sería rechazado (Figura 16).



Figura 16: Inspección de doble línea de paquete de seis unidades de yogurt con una llenada deficientemente

### 3.4 Inspección del sellado de productos

La integridad de los sellos herméticos al aire es un tema vital del control de calidad para los fabricantes de paquetes de alimentos y fármacos sellados. La seguridad y esterilidad de los productos farmacéuticos y la frescura de los productos alimenticios depende de los sellos, pero estos son puestos fácilmente en riesgo por partículas sueltas de producto, contaminantes o productos mal colocados. Cualquier cosa atrapada dentro de los sellos podría significar que el paquete deja de ser hermético al aire. La herramienta de rayos X para inspección de sellos puede identificar partículas tan pequeñas hasta de 1 mm atrapadas en las áreas del sello.



Figura 17: Paquete de chocolates con partículas atrapadas en el sello

En los empaquetados de baja densidad, un sistema de detector de contraste ultra alto especial puede verificar simultáneamente contaminantes y la integridad del sello. La Figura 17 muestra la imagen de rayos X de un paquete de chocolates sellado. El sistema verifica la presencia

de material denso entre los bordes interno y externo del sello. Si detecta material en esta área, rechaza el producto.

Un ejemplo de la industria farmacéutica es la inspección de apósitos para heridas quirúrgicas (Figura 18). Aquí, el software analítico está verificando que no haya apósitos para heridas atrapados dentro del sello y que pongan en riesgo la esterilidad del paquete.

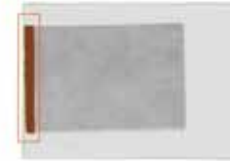


Figura 18: Apósito para heridas atrapado dentro del sello

## 4. Conclusión: Sin impactos o sorpresas – La inspección de rayos X refuerza los valores de la marca

El equipo de inspección de rayos X proporciona a los fabricantes las herramientas para mantener el control de calidad y la integridad del producto en cada etapa de la producción para productos crudos, a granel, bombeados y empaquetados.

Al establecer parámetros adecuados y afinar la sensibilidad, los fabricantes pueden investigar numerosos problemas de calidad desde detectar contaminantes hasta verificar que un producto tenga la apariencia exacta que el cliente espera ver. El producto que pasa satisfactoriamente la inspección de rayos X no contiene impactos, sorpresas ni causa insatisfacción. El fabricante sabe que le ayuda a cumplir la promesa de su marca.

Como han demostrado los ejemplos de este documento técnico, los sistemas modernos de rayos X son defensores de productos y de la calidad de las marcas con múltiples tareas, así como detectores de contaminantes. En un solo paso a altas velocidades de línea, los sistemas de rayos X pueden llevar a cabo varias tareas de inspección en forma simultánea. Pueden medir el peso de los productos, contar componentes, verificar niveles de llenado, identificar productos defectuosos, inspeccionar la calidad del sellado, detectar obsequios faltantes, y aún detectar contaminantes.

En resumen, la inspección de rayos X es una herramienta altamente eficaz para mantener los costos de producción y la integridad del producto. Lo mejor de todo, es una herramienta para mantener a los clientes contentos por verificar que un producto luzca y funcione exactamente como ellos esperan.

# Información adicional acerca de la inspección de rayos X



## Guía técnica GRATUITA

Tome una decisión informada

METTLER TOLEDO ha publicado una guía de inspección de productos bien documentada para sistemas de inspección de rayos X. Esta guía le ayuda a seleccionar el sistema de inspección de rayos X correcto para su línea de producción. Le asiste para implementar un programa de inspección de producto que abarca todos los aspectos y para lograr el cumplimiento de los estándares, regulaciones y legislación.

Regístrese hoy mismo para obtener una copia **GRATIS**: [www.mt.com/pius-guides](http://www.mt.com/pius-guides)

## Documentos técnicos gratis

¿Qué tan segura es la inspección de alimentos con rayos X?

Este documento técnico aborda algunos de los conceptos erróneos más populares acerca de la inspección de alimentos con rayos X. Es un documento técnico indispensable para fabricantes de alimentos que consideran la inspección de rayos X para cumplir con las regulaciones y legislaciones de seguridad alimentaria.

Regístrese hoy mismo para obtener una copia gratis: [www.mt.com/xrayus-safety](http://www.mt.com/xrayus-safety)



Rayos X, más que solamente detección de contaminantes

La inspección de rayos X puede detectar numerosas deficiencias de calidad que yacen ocultas dentro del empaquetamiento de productos o profundamente dentro del producto mismo. Este documento técnico explica que la inspección de rayos X ha dejado de ser solo una técnica para detectar contaminantes; se ha convertido en una herramienta de amplio espectro para defender los valores de las marcas y mantener contentos a los clientes.

Regístrese hoy mismo para obtener una copia gratis: [www.mt.com/xrayus-integrity](http://www.mt.com/xrayus-integrity)



## Seminarios acerca de rayos X On-Demand las 24 horas todos los días

Nuestros seminarios *On-demand* le brindan la oportunidad de aprender más acerca de la inspección de rayos X a su propio ritmo.

- **Rayos X: más que solamente detección de contaminantes.** La inspección de rayos X es más que solamente detección de contaminantes. La tecnología de rayos X puede detectar simultáneamente un amplio rango de defectos del producto para asegurar su integridad.
- **Principios de la inspección de rayos X.** Aprenda más acerca de los principios científicos de la inspección de rayos X, de la selección de un sistema y de los factores que afectan la sensibilidad.
- **Cómo crear un programa eficaz de inspección de rayos X.** Descubra cómo crear un programa eficaz de inspección de productos para cumplir con el HACCP.

Para ver todos los seminarios web, visite: [www.mt.com/pi-ondemand](http://www.mt.com/pi-ondemand)



[www.mt.com/safelineus](http://www.mt.com/safelineus)

Para más información

### Mettler Toledo Safeline

6005 Benjamin Road  
Tampa FL 33634  
Estados Unidos

Tel.: 813-889-9500

Teléfono gratuito: 800-447-4439

Fax: 813-881-0840

Correo electrónico: [safeline.sales@mt.com](mailto:safeline.sales@mt.com)

Sujeto a modificaciones técnicas

©03/2011 Mettler-Toledo Safeline

Impreso en los Estados Unidos