



# Análisis de inclusiones no metálicas en aceros

## ¿Qué son las inclusiones no metálicas?

Las inclusiones no metálicas son materiales integrados en los aceros durante el proceso de fabricación. Las inclusiones tienen un origen químico diverso y proporcionan diferentes propiedades mecánicas a los aceros, como la forma, resistencia, manipulación y resistencia a la corrosión. Como regla general, mientras haya menos inclusiones, mejor será la calidad del acero. Por lo tanto, el análisis y la documentación de dichas inclusiones no metálicas son importantes para los controles de calidad.

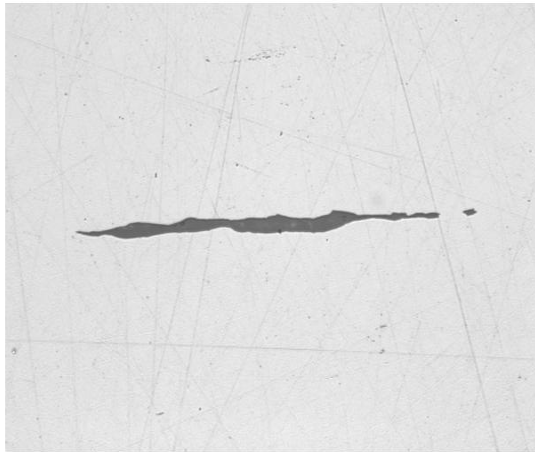
## Normas internacionales para el análisis de inclusiones no metálicas en acero

Entre las normas internacionales más comunes para analizar las inclusiones no metálicas en el acero, destacan: ISO 4967 (mundial), DIN 50602 (Alemania), SEP 1571 (Alemania), EN 10247 (Europa), JIS G 0555 (Japón), GB/T 10561 (China) y UNI 3244 (Italia). En Norteamérica y Sudamérica, ASTM E45 es una norma predominante para analizar las inclusiones metálicas en el acero. Los laboratorios de control de calidad continúan usando el método de comparación de cuadrícula ASTM para analizar inclusiones. Este método requiere que operadores efectúen una estimación visual del tipo de inclusión y severidad al comparar una imagen en vivo bajo un microscopio con una cuadrícula micrográfica, expuesta generalmente en la pared cercana al microscopio.

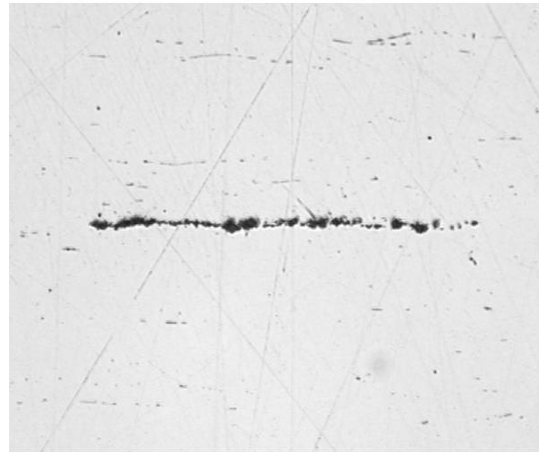
Antes de la llegada de las imágenes digitales, los criterios de magnificación especificados por la norma ASTM E45 determinaban que la clasificación de inclusiones sea efectuada con un microscopio compuesto dotando de una magnificación total de 100X (lente de objetivo de 10X y oculares de 10X). Sin embargo, esta norma fue actualizada para integrar la tendencia montante del marco analítico de imágenes digitales, definiendo que una resolución de 1,0  $\mu\text{m}/\text{píxel}$  o superior es requerida al usar lentes de objetivo de 10X. Los análisis de imágenes digitales ahora son la metodología de preferencia debido a su precisión y reproducibilidad superiores, lo que ayuda a reducir los riesgos de subjetividad adjudicados a la visión humana. Además, la documentación de los resultados analíticos se lleva a cabo de manera integrada y sin problemas en el proceso de trabajo.

# Método de inspección para analizar inclusiones no metálicas en muestras de acero

Después de la preparación de muestras, las inclusiones metálicas pueden ser observadas directamente en la superficie de una muestra de acero específica con un microscopio compuesto —vertical o invertido—, que puede producir condiciones de luz reflejada en campo claro. Las inclusiones son fáciles de observar y analizar debido a la escala de alto contraste; las inclusiones aparecen oscuras en el fondo claro altamente reflectante del acero. Los parámetros morfológicos difieren entre los tipos de inclusiones (p. ej., óxido globular y silicato) y también lo hacen los valores en la escala de grises (p. ej., alúmina y sulfuros).



A) Sulfide



B) Alumina



C) Silicate



D) Globular Oxide

Gracias al desarrollo continuo de los modernos softwares analíticos de imágenes, cualquier usuario puede comenzar a trabajar de inmediato con una solución digital totalmente integrada que permite clasificar las inclusiones no metálicas en el acero, al mismo tiempo que satisface requisitos específicos de un entorno de laboratorio. Configurados con la norma ASTM E45 y otras normas internacionales en perspectiva, los softwares para la ciencia de los materiales destinados a los microscopios metalúrgicos permiten a los usuarios de diferentes niveles evaluar las inclusiones en el acero de forma precisa y reproducible mediante una capacitación mínima.

# Equipamiento recomendado para analizar inclusiones no metálicas en acero

Una configuración típica de equipamiento para analizar inclusiones no metálicas en aceros a través de análisis digital de imágenes se compone de lo siguiente:

## 1. Microscopio metalúrgico invertido

Por lo general se requiere un microscopio invertido en lugar del modelo vertical debido a que las muestras pulidas, planas, permanecen extendidas sobre la platina mecánica. Esto permite asegurar un enfoque uniforme a medida que la platina de escaneo se desplaza.

## 2. Software analítico de imágenes metalúrgicas específicas

Debido a su alto nivel de contraste inherente y a sus propios parámetros morfológicos, las inclusiones no metálicas en acero pueden ser detectadas de forma precisa, repetida y fácil usando el *software* analítico de imágenes. Los softwares analíticos para imágenes provenientes de aplicaciones de ciencia de los materiales ofrecen frecuentemente módulos añadidos opcionales. Estos permiten a los usuarios obtener resultados en conformidad con la norma ASTM E45, así como con otras normas internacionales.



Configuración típica del equipamiento: Microscopio metalúrgico invertido, lente de objetivo metalúrgico de 10X y una cámara microscópica de alta resolución

## 3. Lente de objetivo metalúrgico de 10X

Esta es la magnificación de objetivo requerida para evaluar inclusiones no metálicas.

## 4. Cámara microscópica digital CCD o CMOS

La principal especificación que debe ser retenida al seleccionar una cámara para evaluar inclusiones es el tamaño del píxel. De acuerdo con la norma ASTM E45, se requiere un tamaño de píxel digital calibrado de 1,0  $\mu\text{m}$ /píxel o superior.

Por ejemplo, se requiere una cámara digital con un tamaño de píxel real no calibrado de 6,3  $\mu\text{m}$  o más fino cuando se usa una lente de objetivo de 10X y un adaptador de cámara de 0,63X.

Resolución digital calibrada = (tamaño de píxel actual)  $\div$  (magnificación de lente de objetivo)  $\div$  (magnificación de adaptador de cámara)

Resolución digital calibrada = (6,3  $\mu\text{m}$ )  $\div$  (10)  $\div$  (0,63)

Resolución digital calibrada = 1 µm por píxel

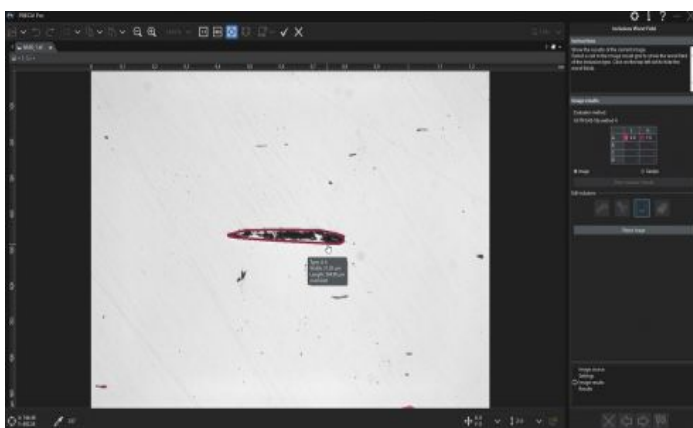
Se recomienda un portaobjetivos codificado manual o motorizado. El *software* analítico de imágenes seleccionado debe ser capaz de identificar siempre y automáticamente la magnificación (aumento) de la lente del objetivo. Esto permite asegurar un mayor nivel de precisión en la medición, mientras que el reconocimiento automático permite eliminar los riesgos de una introducción errónea de magnificación de lente en el *software*.

Asimismo, se requiere una platina de escaneo XY manual o motorizada para manipular la muestra y ubicar el área de interés para su observación y análisis. Sin embargo, como el estándar normativo ASTM E45 determina que un área de al menos 160 mm<sup>2</sup> debe ser escaneada para analizarla, se recomienda el uso de una platina motorizada que pueda ser programada para escanear el área en conformidad con dicho estándar.

El PC que elija debe cumplir con los requisitos mínimos del sistema de la cámara y del *software* de análisis de imágenes. También, se requiere un monitor de alta resolución.

## Procedimiento para analizar inclusiones no metálicas en acero

1. Seleccione la lente de objetivo de 10X. Bajo las condiciones de iluminación de luz reflejada y campo claro, desplace la muestra en la platina XY para visualizar el área de interés que contiene las inclusiones diana. Alternativamente, si usa una platina motorizada, configure el *software* para que la platina escanee el área de interés requerida (al menos 160 mm<sup>2</sup> en el caso del estándar ASTM E45).
2. Capture imágenes digitales con el *software* de análisis de imágenes.
3. En la opción informática para clasificar la inclusión, determine los valores de la escala de grises para definir todas las inclusiones y para diferenciar los óxidos de los sulfuros respectivamente. Esto activará la diferenciación de los dos tipos en el *software* analítico de imágenes.
4. El *software* analiza la imagen y clasifica la inclusión en función de la norma seleccionada.



5. En función de una plantilla predefinida por el usuario, el *software* puede generar de forma automática un informe que incorpore los resultados analíticos, las imágenes de soporte de inclusión y los datos relevantes.

# Otras maneras de agilizar el análisis de las inclusiones no metálicas

Debido al alto índice de contraste inherente entre las inclusiones no metálicas en el acero y su fondo metálico, las inclusiones no metálicas pueden clasificarse con precisión y de forma repetida usando modernos softwares analíticos de imágenes, dedicados a las aplicaciones de la ciencia de los materiales. Varios paquetes de *software* están desarrollados para cumplir con la normativa ASTM E45 y con una amplia variedad de otras normas internacionales cuya implementación requiere muy poco esfuerzo. Más allá del alcance del análisis de inclusiones metálicas, muchos programas de *software* ofrecen conectividad, generación de informes y capacidades de gestión de datos adecuadas para ahorrar tiempo. Los softwares que incluyen la generación de informes, el almacenamiento e intercambio de datos y la búsqueda rápida de las imágenes y datos asociados de forma automática pueden aportar mayor eficiencia a su equipo. Al considerar una solución para evaluar las inclusiones no metálicas, trabajar directamente con un fabricante de experiencia en microscopía es sumamente importante; ya que, éste puede asistirlo en cada paso de su proceso, desde la selección del equipamiento hasta la puesta en funcionamiento total.

## Referencias

Dr. Carmo Pelliciarì, Ing., Especialista metalúrgico

Estándar E45-11 de la American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 EE. UU.

## Related Product



### MPLFLN-BD

El objetivo MPLFLN-BD integra la corrección cromática semiapocromática y es adecuado para la más amplia variedad de aplicaciones. Está especialmente diseñado para la observación de campo oscuro y el examen de rasguños o grabados en superficies pulidas.

Conozca más aquí ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/mplfln-bd/>



### GX53

El microscopio invertido GX53 presenta una claridad de imagen excepcional y una excelente resolución con grandes aumentos. Con accesorios que incluyen un revólver codificado y un *software*, el diseño modular del microscopio facilita la adaptación a sus necesidades.

Conozca más aquí ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



### PRECiV

El software PRECiV™, fácil de usar, le permite controlar su microscopio para que pueda realizar mediciones repetitivas en 2D durante las operaciones de producción, control de calidad e inspección.

Conozca más aquí ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>