

- Algunos productos son usados únicamente como decorativos, o tienen requisitos de resistencia a los esfuerzos tan bajos que son normalmente sobre diseñados, estos materiales pueden requerir la inspección solamente para asegurar que mantienen su calidad de fabricación, tal como el color y acabado.
- Los productos o materiales que necesitan pruebas y evaluación cuidadosa son aquellos utilizados para aplicaciones en las cuales deben soportar cargas; bajo esas condiciones la *falla* puede involucrar: sacar de operación y desechar el producto, reparaciones costosas, dañar otros productos y la pérdida de la vida humana.

Se define como falla a: "el hecho que un artículo de interés no pueda ser utilizado".

Aunque un artículo fabricado es un producto, el material de ese producto puede fallar, así que los tipos de falla del material y sus causas son de gran interés. Existen dos tipos generales de falla: una es fácil de reconocer y corresponde a la *fractura o separación* en dos o más partes; la segunda es menos fácil de reconocer y corresponde a la *deformación permanente o cambio de forma y/o posición*.

Es de gran importancia conocer el tipo de falla que pueda esperarse, para saber:

- ¿Por qué se realiza la inspección?
- ¿Qué método de inspección se debe utilizar?
- ¿Cómo se inspecciona?
- ¿Cómo se elimina la falla?, y
- ¿Cómo se reduce el riesgo de falla?

Si se espera prevenir la falla por medio del uso de pruebas no destructivas, éstas deben ser seleccionadas, aplicadas y los resultados deben ser interpretados con cuidado y basándose en el conocimiento válido de los mecanismos de falla y sus causas. El propósito del diseño y aplicación de las pruebas debe ser el control efectivo de los materiales y productos, con el fin de satisfacer un servicio sin que se presente la falla prematura o un daño.

El conocimiento de materiales y sus propiedades es muy importante para cualquier persona involucrada con las pruebas no destructivas. La mayoría de las pruebas están diseñadas para permitir la detección de algún tipo de falla interior o exterior, o la medición de algunas características, de un solo material o grupos de materiales.

La fuente de la falla puede ser:

- Una discontinuidad
- Un material químicamente incorrecto, o
- Un material tratado de tal forma que sus propiedades no son adecuadas.

### Discontinuidad

Una falta de continuidad o cohesión; una interrupción o variación, intencional o no intencional, en la estructura o configuración física normal de un material o componente.

Se considera como discontinuidad a cualquier cambio en la geometría, huecos, grietas, composición, estructura o propiedades.

Las discontinuidades pueden ser intencionales o no intencionales. Algunas discontinuidades, como barrenos o formas de superficies, son intencionales por el diseño, normalmente estas no requieren ser inspeccionadas. Otras discontinuidades son inherentes en el material por su composición química o su estructura, estas discontinuidades pueden variar ampliamente en tamaño, distribución e intensidad, dependiendo del material, el tratamiento térmico, el proceso de fabricación, las condiciones y el medio ambiente al que están expuestos los materiales.

En general, existen dos clasificaciones de discontinuidades:

1. Por su forma:

- Volumétricas - Descritas porque tienen tres dimensiones o volumen
- Planas - Descritas porque son delgadas en una dimensión y grandes en las otras dos dimensiones

2. Por su ubicación:

- Superficiales - Descritas porque se encuentran abiertas a la superficie
- Internas - Descritas porque no interceptan la superficie

Otras clasificaciones de discontinuidades:

- **Relevantes** - Son aquellas que por alguna de sus características (longitud, diámetro, ubicación, forma, etc.) deben ser interpretadas, evaluadas y reportadas.
- **No relevantes** - Son aquellas que por sus características se interpretan pero no se evalúan, y que deberían ser registradas.
- **Lineales** - Son aquellas con una longitud mayor que tres veces su ancho.
- **Redondas** - Son aquellas de forma elíptica o circular que tienen una longitud igual o menor que tres veces su ancho.

### **Defecto**

Es una o más discontinuidades o fallas, cuyo tamaño agregado, forma, orientación, localización o propiedades no cumplen con un criterio de aceptación especificado y que es rechazada.

También puede definirse como una discontinuidad que excede los criterios de aceptación establecidos, o que podría generar que el material o equipo falle cuando sea puesto en servicio o durante su funcionamiento.

### **Indicación**

Es la respuesta o evidencia de una respuesta, que se obtiene al aplicar alguna Prueba no Destructiva.

Se clasifican en tres tipos:

- Indicaciones falsas - Una indicación que se interpreta como que ha sido producida por otra causa que no sea una discontinuidad. Se presentan normalmente por la aplicación incorrecta de la prueba.

- Indicaciones no relevantes – Una indicación que se produce por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazada. Son creadas normalmente por el acabado superficial o la configuración del material.
- Indicaciones verdaderas – Una indicación que se produce por una condición o tipo de discontinuidad que requiere evaluación. Son aquellas producidas por discontinuidades.

Al aplicar una prueba no destructiva los técnicos observan indicaciones, por lo que deben determinar cuáles son producidas por discontinuidades.

---

#### **iv. Clasificación de las pruebas o ensayos no destructivos**

La clasificación de las pruebas no destructivas se basa en la posición en donde se localizan las discontinuidades que pueden ser detectadas, por lo que se clasifican en:

1. Pruebas no destructivas superficiales.
2. Pruebas no destructivas volumétricas.
3. Pruebas no destructivas de hermeticidad.

##### **1. Pruebas no destructivas superficiales**

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Las PND superficiales son:

**VT** - Inspección Visual

**PT** - Líquidos Penetrantes

**MT** - Partículas Magnéticas

**ET** - Electromagnetismo

En el caso de VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

##### **2. Pruebas no destructivas volumétricas**

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Las PND volumétricas son:

**RT** - Radiografía Industrial

**UT** - Ultrasonido Industrial

**AE** - Emisión Acústica

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales.

### **3. Pruebas no destructivas de hermeticidad**

Estas proporcionan información del grado en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que escapen a la atmósfera o queden fuera de control. Las PND de hermeticidad son:

- Pruebas de Fuga
  - Pruebas por Cambio de Presión (Neumática o hidrostática).
  - Pruebas de Burbuja
  - Pruebas por Espectrómetro de Masas
  - Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno
- 

### **v. Razones para el uso de PND**

Además de la detección y evaluación de discontinuidades, las PND son usadas para:

- La medición de dimensiones
  - Detectar fuga y su evaluación
  - Determinar localización y su evaluación
  - Caracterizar estructura o micro-estructura
  - Estimación de propiedades mecánicas y físicas
  - Identificar o separar materiales
  - Uniformidad en la producción
  - Ahorro en los costos de producción
  - Eliminar materia prima defectuosa
  - Mejoras en los sistemas de producción
  - Asegurar la calidad en el funcionamiento de sistemas en servicio, en plantas o diversos tipos de instalaciones, y prevenir la falla prematura durante el servicio
  - Diagnóstico después de la falla para determinar las razones de la misma.
- 

### **vi. Factores para la selección de las PND**

Se considera que existen seis factores básicos involucrados en la selección de las PND

- Las razones para efectuar la PND
  - Los tipos de discontinuidades que son de interés en el objeto
  - El tamaño y la orientación de las discontinuidades que se necesitan detectar
  - La localización o ubicación de las discontinuidades que son de interés
  - El tamaño y la forma del objeto a inspeccionar
  - Las características del material que va a ser inspeccionado
-

## vii. Calificación y certificación del personal de PND

Para aplicar las pruebas no destructivas se requiere:

- La calificación del método de inspección utilizado – Las PND deben llevarse a cabo de acuerdo con procedimientos escritos, que en ciertos casos deberían ser previamente calificados.
- La calificación del personal que realiza la inspección – Se considera que el éxito de cualquier prueba no destructiva es afectado *“principalmente por el personal que realiza, interpreta y/o evalúa los resultados de la inspección”*. Por esto, los técnicos que ejecutan las PND deben estar calificados y certificados.
- La administración del proceso de calificación y del personal para asegurar resultados consistentes – Actualmente existen dos programas aceptados para la calificación y certificación del personal que realiza PND, además de uno nacional.

Estos programas son:

- La Practica Recomendada SNT-TC-1A, editada por ASNT,
- La Norma ISO-9712, editada por ISO, y
- La Norma Mexicana NMX-B-482.

### **SNT-TC-1A**

Es una Práctica Recomendada que proporciona los lineamientos para el programa de calificación y certificación del personal de PND de una empresa. Es emitida por ASNT.

### **ASNT**

American Society For Nondestructive Testing (Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos).

### **ISO 9712**

Es una Norma Internacional que establece un sistema para calificar y certificar, por medio de una agencia central nacional, el personal que realiza PND en la industria.

### **ISO**

International Organization for Standardization (Organización Internacional para Normalización).

## **CALIFICACIÓN**

Es el cumplimiento documentado de requisitos de escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (teóricos, prácticos y físicos); establecidos en un programa escrito (procedimiento interno de la empresa, de acuerdo con SNT-TC-1A; o norma nacional, de acuerdo con ISO-9712).

El documento SNT-TC-1A considera que la empresa debe establecer un procedimiento o práctica escrita, para el control y administración del entrenamiento, experiencia, exámenes y certificación del personal de PND.

La práctica o procedimiento escrito de la empresa debe describir la responsabilidad de cada nivel de certificación para determinar la aceptación de materiales o componentes, de acuerdo con códigos, estándares, especificaciones y procedimientos aplicables. Además, debe describir los requisitos de entrenamiento, experiencia y exámenes para cada método y nivel de certificación.

La práctica escrita debe ser revisada y aprobada por el Nivel III en PND de la empresa, la cual debe mantenerse archivada.

Existen tres niveles básicos de calificación, los cuales pueden ser subdivididos por la empresa o el país para situaciones en las que se necesiten niveles adicionales para trabajos y responsabilidades específicas.

### **Niveles de Calificación**

#### **Nivel I**

Es el individuo calificado para efectuar calibraciones específicas, para efectuar PND específicas, para realizar evaluaciones específicas para la aceptación o rechazo de materiales de acuerdo con instrucciones escritas, y para realizar el registro de resultados.

El personal Nivel I debe recibir la instrucción o supervisión necesaria de un individuo certificado como nivel III o su designado.

#### **Nivel II**

Es el individuo calificado para ajustar y calibrar el equipo y para interpretar y evaluar los resultados de prueba con respecto a códigos, normas y especificaciones. Está familiarizado con los alcances y limitaciones del método y puede tener la responsabilidad asignada del entrenamiento en el lugar de trabajo de los niveles I y aprendices. Es capaz de preparar instrucciones escritas y organizar y reportar los resultados de prueba.

#### **Nivel III**

Es el individuo calificado para ser el responsable de establecer técnicas y procedimientos; interpretar códigos, normas y especificaciones para establecer el método de prueba y técnica a utilizarse para satisfacer los requisitos; debe tener respaldo práctico en tecnología de materiales y procesos de manufactura y estar familiarizado con métodos de PND comúnmente empleados; es responsable del entrenamiento y exámenes de niveles I y II para su calificación.

### **Capacitación (entrenamiento)**

Es el programa estructurado para proporcionar conocimientos teóricos y desarrollar habilidades prácticas en un individuo, a fin de que realice una actividad definida de ensayo.

### **Experiencia Práctica**

No se puede certificar personal que no tenga experiencia en la aplicación de PND, por lo que:

- El técnico Nivel I: Debe adquirir experiencia como aprendiz.
- El técnico Nivel II: Debe trabajar durante un tiempo como nivel I.
- El técnico Nivel III: Debió ser aprendiz, nivel I y haber trabajado al menos uno o dos años como nivel II.

Esta experiencia debe demostrarse con documentos, que deben mantenerse en expedientes o archivos para su verificación.

### **Exámenes Físicos**

Tienen la finalidad de demostrar que el personal que realiza las PND es apto para observar adecuada y correctamente las indicaciones obtenidas.

Los exámenes que se requieren son:

- Agudeza visual lejana, o
- Agudeza visual cercana, y
- Discriminación cromática.

Para los exámenes de agudeza visual, el técnico debe ser capaz de leer un tipo y tamaño de letra específicos a una cierta distancia; de acuerdo con SNT-TC-1A el examen se realiza usando la carta Jaeger y se debe leer el tamaño de letra J2 a una distancia no menor de 30 cm (12 pulgadas); En el caso del examen de diferenciación de colores, debe ser capaz de distinguir y diferenciar los colores usados en el método en el cual será certificado.

### **Exámenes**

Los exámenes administrados para calificación de personal nivel I y II consisten de un examen general, un específico y un práctico. De acuerdo con SNT-TC-1A, la calificación mínima aprobatoria, de cada examen, es de 70% y, además, el promedio simple mínimo de la calificación de los tres exámenes es de 80%.

## **CERTIFICACIÓN**

La certificación es el testimonio escrito de la calificación. La certificación del personal de PND de todos los niveles es responsabilidad de la empresa contratante (de acuerdo con SNT-TC-1A) o de la agencia central (de acuerdo con ISO-9712), y debe basarse en la demostración satisfactoria de los requisitos de calificación.

El documento SNT-TC-1A recomienda contar con registros de certificación del personal, los cuales deben mantenerse archivados por la empresa durante el tiempo especificado en el procedimiento escrito de la empresa, y deberían incluir lo siguiente:

1. Nombre del individuo certificado.
2. Nivel de certificación y el método de PND.
3. Educación (escolaridad) y el tiempo de experiencia del individuo certificado.
4. Establecer que se ha cumplido en forma satisfactoria con el entrenamiento, de acuerdo con los requisitos de la práctica escrita de la empresa.
5. Resultados de los exámenes de la vista para el periodo de certificación vigente.
6. Copias de los exámenes o evidencia del cumplimiento satisfactorio de los mismos.
7. Otras evidencias adecuadas de calificaciones satisfactorias, cuando tales calificaciones sean usadas para la exención del examen específico como se describa en la práctica escrita de la empresa.

8. Calificación compuesta o evidencia adecuada de las calificaciones.
9. Firma del Nivel III que verifica la calificación del candidato para su certificación.
10. Fecha de certificación y / o re-certificación, y la fecha de asignación a PND.
11. Fecha en la que expira la certificación.
12. Firma de la autoridad certificadora del empleador.

La certificación tiene validez temporal únicamente. ISO y ASNT establecen un periodo de vigencia de la certificación de:

- Cinco años para los niveles I, II y III.

Todo el personal de PND debe ser re-certificado, de acuerdo con SNT-TC-1A basándose en uno de los siguientes criterios:

- Evidencia de continuidad laboral satisfactoria en Pruebas no Destructivas.
- Reexaminación.