

# Introducción a los Controles No Destructivos No Especialistas

ESPAÑOL



Creado Por: Alberto Martínez

Revisado Por: Fernando Núñez

Aprobado Por: Marcelo Romani

Este documento ha sido firmado electrónicamente en su versión en español.

Nota Importante (para documentos impresos desde Intranet): este documento impreso puede no ser válido a menos que la copia evidencie ser controlada. Si la copia no es controlada y usted no recibe avisos de cambios en forma sistemática, por favor verificar la última versión aplicable ingresada en el LMS antes de su implementación.

El presente documento y toda la información que contiene son propiedad de Tenaris S.A. y/o sus empresas afiliadas ("TENARIS"), o bien han sido otorgados a estas empresas bajo licencia.

Se prohíbe copiar, volver a copiar, reproducir, traducir, revelar, adaptar, modificar, distribuir a terceros o utilizar de otro modo el presente documento y toda la información que contiene, con cualquier fin, sin la autorización expresa previa por escrito de TENARIS.

TENARIS deslinda toda responsabilidad por cualquier pérdida, daño o lesión que pueda resultar del uso de la información incluida en el presente. Todos los derechos reservados.

## Propósito y Objetivos del curso

***Este manual tiene como propósito presentar los distintos métodos de Controles no destructivos, introducir los conceptos básicos relacionados con los ensayos y brindar conocimientos sobre como aplicar la técnica de control y detección de defectos.***

Al finalizar la capacitación el participante estará en condiciones de:



Conocer los diversos Métodos de Control no Destructivo (CND).



Comprender sobre la normativa vigente y las características de cada nivel de certificación



Conocer el principio de los materiales y la defectología asociada detectable por las técnicas CND

***Es importante comprender las consecuencias que el desconocimiento de los conceptos y principios explicados en este manual puede ocasionar en el ambiente, seguridad y salud ocupacional y en la calidad del producto final.***

# Índice de Contenidos



<b>CAPÍTULO 1: Ensayos No Destructivos</b>	<b>5</b>
1.1 ¿Qué son los métodos de CND?	6
1.2 Ventajas y Limitaciones de los distintos Métodos de CND	10
1.3 Ensayos realizados sobre tubos con costura	20



<b>CAPÍTULO 2: Normas de Certificación</b>	<b>24</b>
2.1 Requerimientos a Operadores Certificados	25
2.2 Proceso de Certificación	27
2.3 Normas y Procedimientos	31



<b>CAPÍTULO 3: Defectos en los Materiales</b>	<b>32</b>
3.1 Características de los Materiales Metálicos y No Metálicos	33
3.2 Defectos y Discontinuidades	38

<b>ANEXO</b>	<b>42</b>
--------------	-----------

## Uso de los íconos

*El manual contiene pequeñas figuras que se repiten en todos los capítulos y que son una forma de organización de la información para hacer más fácil y dinámica la lectura. Estas figuras se denominan íconos.*

A continuación hay una descripción de la utilización de cada ícono, es decir en qué oportunidad aparecen:



### GLOSARIO

Explica términos y siglas.



### RECUERDE

Refuerza un concepto ya mencionado en el texto del manual.



### ANEXO

Profundiza conceptos.



### MANTENIMIENTO

Resalta procedimientos necesarios de mantenimiento.



### PREGUNTAS

Presenta preguntas disparadoras.



### ATENCIÓN

Destaca conceptos importantes.



### EJEMPLO

Ilustra con situaciones reales los temas tratados.



### ACTIVIDAD

Señala el comienzo de un ejercicio que le permitirá reforzar lo aprendido.



### EXAMEN FINAL

Señala el comienzo de la evaluación final.



### FIN DE CAPÍTULO

Señala la finalización del capítulo.



### FIN DE MANUAL

Señala la finalización del manual.

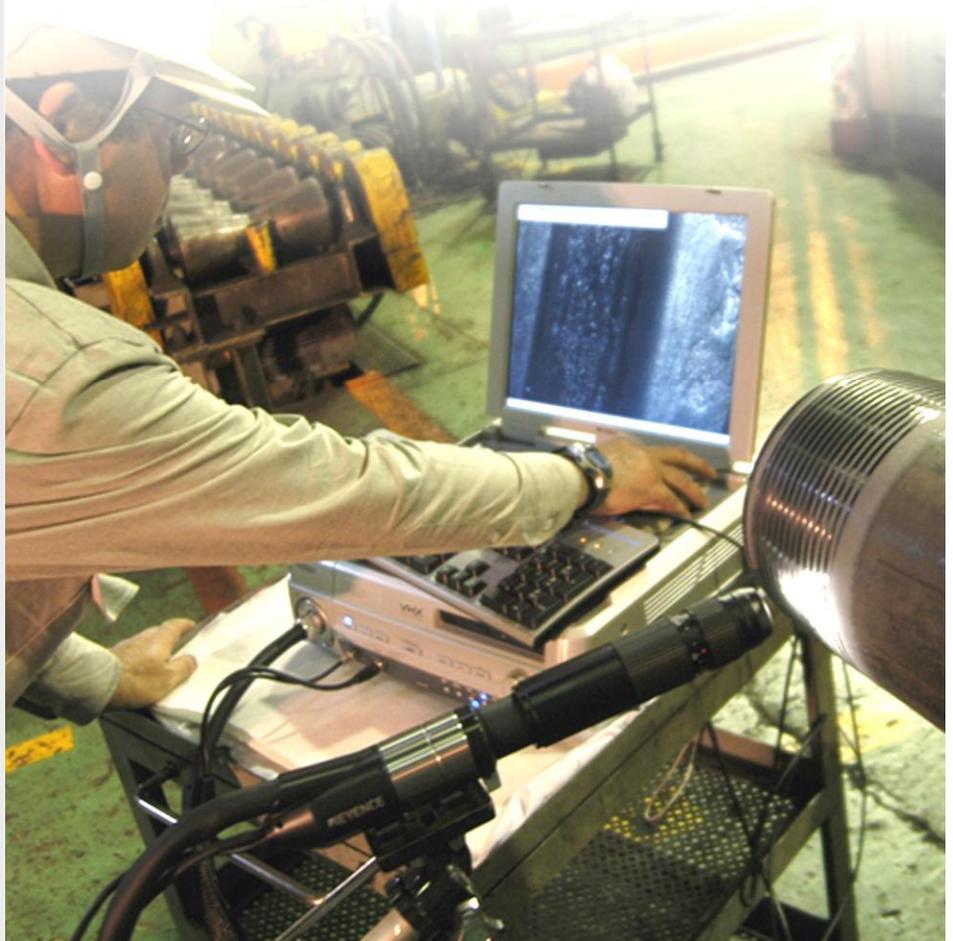
## 1

# Controles No Destructivos

***Los Ensayos No Destructivos (CND) son métodos de prueba que no afectan la aptitud de servicio de la pieza analizada.***

## TEMAS DEL CAPÍTULO 1

1.1 ¿Qué son los Métodos de CND?	7
1.2 Ventajas y Limitaciones de los distintos Métodos de CND	11

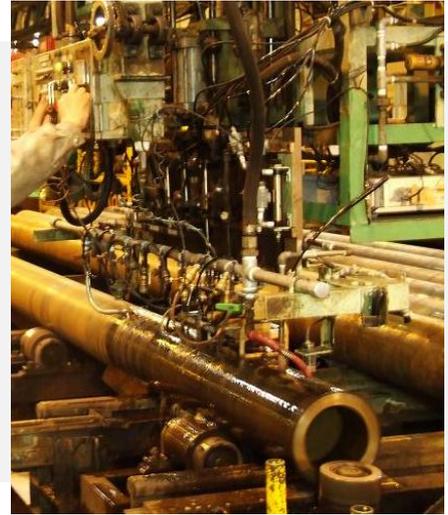


## 1.1 ¿Qué son los Métodos de CND?

Los Métodos de Ensayos No Destructivos (CND) brindan información sobre las propiedades de los materiales, componentes o piezas sin modificar su aptitud de servicio.

Los CND tienen por objetivo:

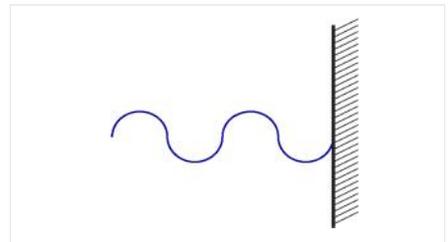
- ✓ Asegurar la calidad y confiabilidad
- ✓ Prevenir accidentes
- ✓ Producir beneficios económicos
- ✓ Contribuir al desarrollo de la ciencia de los materiales



Estos procedimientos tienen una metodología de aplicación que consta de los siguientes pasos:

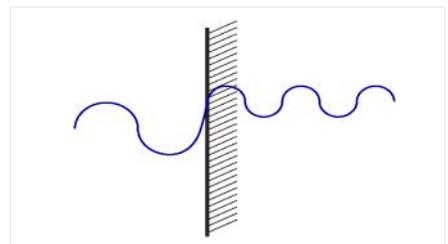
### 1 Aplicación de un campo de energía

Se aplica un campo de energía sobre la pieza a evaluar. Éste puede ser, por ejemplo, un haz de radiación electromagnética, un campo magnético, un campo de energía vibratoria, etc.



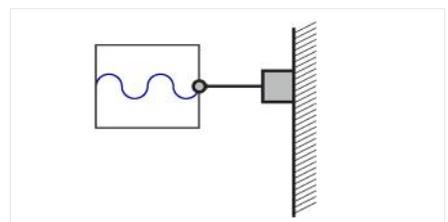
### 2 Interacción del campo de energía con el material

En este paso el campo de energía aplicado interactúa con el material o pieza, lo que puede causar una modificación de esa energía. Ejemplos de esto serían la absorción, atenuación, reflexión o refracción de un campo de energía vibratoria; o distorsión, campos de fuga, de líneas de flujo de un campo magnético.



### 3 Detección de las modificaciones del campo de energía aplicado

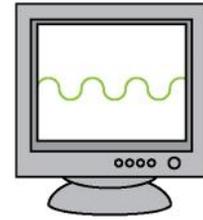
Las modificaciones al campo de energía aplicado se detectan, según la técnica aplicada, con aparatos específicos.



4

**Procesamiento de la información**

La información obtenida, que puede ser química lumínica y electrónica, debe ser procesada. Esta etapa será de mayor o menor complejidad dependiendo del método utilizado, el grado de sensibilidad y el tipo de registro de la información.



5

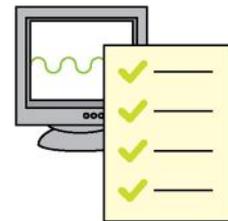
**Interpretación, evaluación y registro de la información**

La interpretación de la información es decisiva y está basada en el conocimiento de las condiciones generadas por las modificaciones del campo de energía aplicado, la estructura y propiedades del material.

Luego, se evalúan las señales o indicaciones en comparación a criterios de aceptación o rechazo según la especificación de diseño.

Los resultados obtenidos son registrados en planillas o en algún medio magnético.

Se debe tener en cuenta que no todos los métodos permiten un registro permanente de las discontinuidades halladas. Esto último hace que se opte por aplicar un método en particular cuando son necesarios registros permanentes, por ejemplo, las radiografías.



Los métodos de CND se basan en la aplicación de conocimientos físico-químicos, donde se busca detectar discontinuidades mediante control visual o con otros métodos para los no visibles. Es decir, se depende de la interacción de campos de energía e información que el método de ensayo provee, para luego realizar un análisis.

Los métodos de CND más utilizados en la industria son:

Ensayos Visuales >> EV

Líquidos Penetrantes >> LP

Partículas Magnetizables >> PM

Radiografía Industrial >> RI

Corrientes Inducidas >> CI

Flujo Disperso >> FD

Ultrasonido >> US

## ¿Qué método de CND elegir?

La selección del método de ensayo dependerá, en muchos casos, del tipo de indicación buscada. Por ello, es necesario conocer no sólo los fundamentos de cada uno de los métodos y sus técnicas derivadas, sino también los requisitos técnicos y costos asociados a una pieza o componente.

### Aplicación del Método CND

Defectología:	<p>Parámetros asociados a la defectología que pueden definir la selección de una técnica de CND:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Discontinuidades</li> <li>● Anomalías Estructurales / Dimensionales</li> <li>● Tipos de acero</li> </ul>
Evaluación:	<p>Parámetros asociados a la evaluación de las indicaciones que pueden definir la selección de una técnica de CND</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Propiedades Físicas/Mecánicas</li> <li>● Dimensiones</li> <li>● Ubicación</li> </ul>

### Requisitos del Método CND

Técnicos:	<p>Parámetros asociados a los requisitos técnicos que pueden definir la selección de una técnica de CND:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Experiencia del inspector en la técnica</li> <li>● Condiciones Operativas</li> </ul>
Económicos:	<p>Parámetros asociados a los requisitos económicos que pueden definir la selección de una técnica de CND:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mano de obra</li> <li>● Equipamiento</li> </ul>

### ¡ATENCIÓN!



***Cuando se elige el método de CND para la evaluación de una discontinuidad específica se debe tener presente que en muchos casos los métodos son complementarios entre sí y que varios de éstos pueden ser realizados en la misma etapa de fabricación.***

La elección de un método de ensayo sobre otro está basada en variables como:

- ✓ Tipo y origen de la discontinuidad
- ✓ Procesos de fabricación del material
- ✓ Accesibilidad del elemento
- ✓ Nivel de aceptación
- ✓ Equipo disponible
- ✓ Costo



Equipo de CND analizando garrafa

## ACTIVIDAD. Aplicación de los Métodos de CND

*Habiéndose introducido las características y aplicación metodológica de los CND, realice la siguiente actividad.*



Analizar los siguientes casos y responder las preguntas.

1

Para asegurar la calidad de fabricación de hace una prueba de CND a los tubos que produce una línea. En base a esta información, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?



- a. La prueba no debe hacerse en todos los tubos, ya que después del ensayo quedarían inutilizables.
- b. No siempre los tubos serían inutilizables, va a depender del método de CND elegido.
- c. Todos los tubos sometidos a métodos de CND pueden usarse ya que conservarán sus propiedades y características.

2

Lea cada una de las siguientes afirmaciones e indique si es Verdadera o Falsa:



Los métodos CND tienen por objetivo asegurar la calidad y confiabilidad.

Verdadero Falso

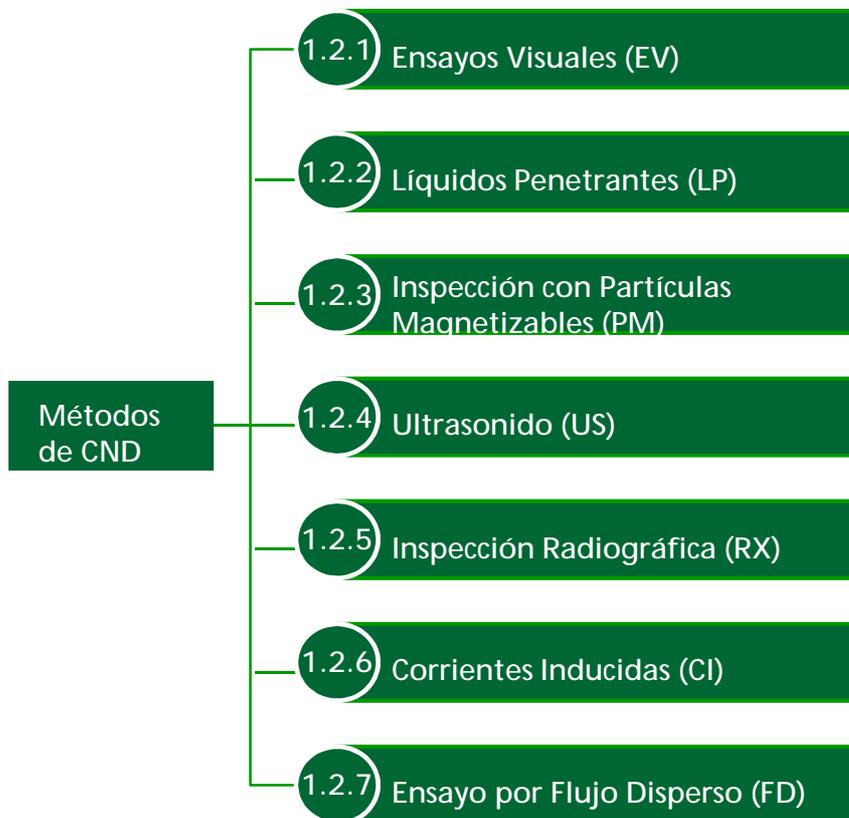
La selección de un método de CND solo depende de su costo.

Uno de los objetivos de los CND es prevenir accidentes.

Los métodos de CND se basan en la aplicación de conocimientos Físico-químicos.

## 1.2 Ventajas y Limitaciones de los distintos Métodos de CND

Las limitaciones de los métodos de CND varían según las normas aplicables, el material y el ambiente de trabajo. Las limitaciones no sólo afectan al método de CND sino que, en algunos casos, también afectan la confiabilidad estructural del elemento de prueba. Por estas razones, las limitaciones que se detallan para una discontinuidad pueden ser también aplicables a otra discontinuidad bajo condiciones apenas diferentes del material y del medio ambiente. Además, la combinación de variables como ambiente, ubicación, material y capacidad del control no permiten mencionar todas las limitaciones que pueden estar asociadas con los problemas de localización de una discontinuidad específica.



¡ATENCIÓN!



***Para mayor información, refiérase a los cursos específicos de cada técnica mencionada.***

## 1.2.1 Ensayos Visuales (EV)

### Aplicación

Las discontinuidades a ser detectadas en una inspección visual son del tipo superficial, como ser fisuras abiertas a la superficie, porosidad, distorsión, falta de dimensiones, etc.

### Método de examen

Para llevar a cabo un ensayo visual sobre cierta pieza o material se debe conocer su proceso de fabricación, de manera tal de determinar la posible ubicación y orientación de las discontinuidades.

Se utilizarán, según corresponda, elementos auxiliares para realizar la evaluación. Éstos podrán ser:

- Lentes de aumento
- Endoscopio/boroscopio
- Fibra óptica
- Luz polarizada

### Ventajas

- La inspección visual pueden ser usada antes, durante y después de la fabricación de cualquier producto.
- Detecta principalmente discontinuidades largas, distintas dimensiones y morfologías pero también pequeñas indicaciones que dan lugar a otro tipo de CND.
- Ayuda a eliminar discontinuidades en etapas intermedias del proceso.
- Es menos costosa que cualquier otro CND.

### Limitaciones

- Hay dependencia de la experiencia y capacitación del personal.
- Solamente se detectan discontinuidades superficiales.



Proceso de fabricación de tubos



Discontinuidades superficiales



Ensayo visual posterior a la fabricación de tubos



Discontinuidades abiertas a la superficie



Ensayo visual posterior a la fabricación de tubos

## 1.2.2 Líquidos Penetrantes (LP)

### Aplicación

La inspección por líquidos penetrantes es un método de CND para detectar discontinuidades abiertas a la superficie en materiales no porosos. Ejemplos de estos materiales son el hierro, acero y sus aleaciones, aceros inoxidables, cerámicos, vidrios, plásticos, etc.

Este método suele ser aplicado para detectar fisuras de fatiga, de contracción cortes fríos, de amolado, de tratamiento térmico, solapas y poros.

### Método de examen

Después de realizar una limpieza de la superficie, se aplica el líquido penetrante. Unos minutos más tarde, se retira el exceso del mismo y se aplica el revelador. Finalmente, se lleva a cabo el examen visual e interpretación de los datos obtenidos.



Existen dos tipos de líquidos penetrantes:

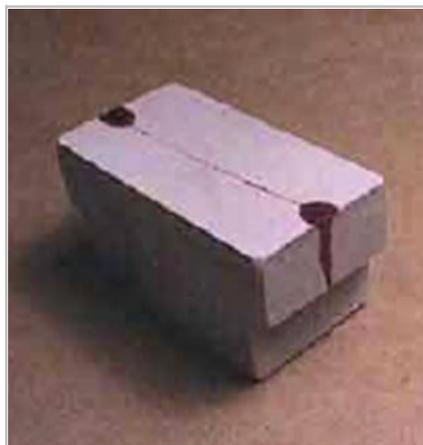
- Tipo 1 - Penetrantes Fluorescentes
- Tipo 2 - Penetrantes Visibles



Aplicación de un líquido penetrante



Aplicación de un revelador



Superficie con penetrante



Examen visual

### Ventajas

- Método muy sensible, permite la detección de pequeñas indicaciones.
- La forma de la pieza no presenta problema alguno.
- De fácil aplicación.
- Equipo liviano y portátil.

### Limitaciones

- Las discontinuidades deben estar abiertas a la superficie.
- Difícil remoción del penetrante residual.
- Tiempo de aplicación, en general, muy extenso.

## 1.2.3 Inspección con Partículas Magnetizables (PM)

### Aplicación

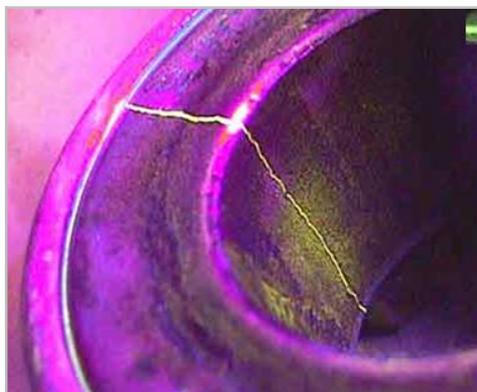
Es un método de CND que se usa para localizar discontinuidades - superficiales y subsuperficiales- en materiales ferromagnéticos. Por ejemplo, acero, hierro, aleaciones de hierro, etc.

### Método de examen

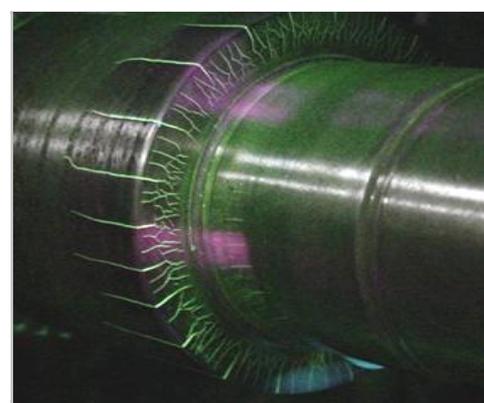
Después de limpiar la superficie, se realiza la magnetización y la aplicación de las partículas. Finalmente, se interpretan los resultados.



Inspección con partículas magnetizables



Indicación dada por partículas fluorescentes



Indicaciones dadas por partículas fluorescentes

### Ventajas

- Revela indicaciones superficiales y subsuperficiales.
- Rápido y económico.
- Requiere menos limpieza.

### Limitaciones

- Sólo aplicable a materiales ferromagnéticos.
- Poca definición en aristas, materiales con distinta permeabilidad magnética y superficies rugosas.
- Se debe verificar hasta qué profundidad se detectan indicaciones mediante probetas de referencia.

## 1.2.4 Ultrasonido (US)

### Aplicación

El método de ultrasonido permite evaluar un volumen de material desde una superficie (sólo es necesario que una cara del material a examinar esté accesible) y localizar discontinuidades superficiales e internas, dependiendo de su orientación.

### Método de examen

Se usan palpadores (transductores), seleccionando la frecuencia, diámetro y ángulo del haz sónico. Luego, se utiliza un medio acoplante para obtener un buen contacto palpador-pieza de ensayo. Por último, se interpretan los resultados a través de una pantalla, en el caso de la técnica de Pulso-eco.



Equipos portátiles de US

### GLOSARIO



#### ***Pulso-Eco***

*En esta técnica el transductor envía una señal y escucha los ecos que esta señal produce al chocar con la pared posterior de la pieza. Si hubiera discontinuidades, se evidencian como señales de ecos particulares.*

### Ventajas

- Se pueden localizar y evaluar discontinuidades superficiales e internas.
- Con el método Pulso-eco, es suficiente con que sea accesible una única cara de la pieza a examinar.
- El equipo es portátil y de poco peso.

### Limitaciones

- Forma geométrica de la pieza.
- Forma geométrica de la discontinuidad.
- Tamaño de grano de algunos metales bases.
- Refuerzo en raíz, respaldo de soldaduras y otras condiciones pueden causar falsas indicaciones.
- Los espesores pequeños son difíciles de inspeccionar.
- Los ensayos deben ser realizados por personal calificado y con mucha experiencia.

# Ultrasonido (US)

## Técnica de elementos de fase (Phased Arrays)

Es un método avanzado de prueba ultrasónica, generalmente usado para detectar fallas en tubos con costura. La técnica de elementos en fase se basa en dos desarrollos:

**Sondas PA**

Gran cantidad de pequeños elementos piezocompuestos

**Sonda PA**

Longitud de sonda

Elementos piezocompuestos

Parámetros dimensionales

e: ancho de elemento  $e \ll H$

H: altura de elemento  $\sim 12.0 \text{ mm}$

p: paso del elemento  $< 1.0 \text{ mm}$

L = longitud de sonda

**Vista 3D de Sonda PA**

Parámetros Ultrasonido

f: frecuencia

F: Foco electrónico o mecánico

S: Capacidad de angulado

D: amortiguamiento

**Electrónica – Diagrama de bloques**

**Emitiendo**  
Unidad de adquisición

Trigger

**Unidad PA**

Pulsos

Sondas

Frente de onda incidente

Flaw

**Recibiendo**  
Unidad de adquisición

**Unidad PA**

Señales de eco

Frente de onda reflejado

## 1.2.5 Inspección Radiográfica (RX)

### Aplicación

Con este método, se pueden detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales ferrosos y no ferrosos.

### Método de examen

El método se basa en la impresión de una placa radiográfica por medio de un haz de radiación ionizante que ha pasado a través de la pieza bajo examen.

Existen dos tipos de fuentes emisoras de radiación: Rayos X (producidos eléctricamente) y Rayos  $\gamma$  (producidos por desintegración del núcleo de un radioisótopo, por ejemplo Co.60, Ir.192).



Equipo de inspección RX



Placa radiográfica



Discontinuidades detectables por RX

### GLOSARIO



**Co.60**  
**Cobalto 60**

**Ir: 192**  
**Iridio 192**

### Ventajas

- Muestra discontinuidades superficiales como socavado, penetración inadecuada, excesivo depósito de metal.
- Detecta discontinuidades internas como porosidad, inclusiones y fisuras. Estas últimas se observan mejor cuando son paralelas al haz de radiación.
- Establece un registro permanente excelente (*placa radiográfica*).

### Limitaciones

- Se debe tener acceso de ambos lados de la pieza a examinar. La forma de la pieza puede dificultar la interpretación.
- Se debe elegir la energía de radiación según el espesor de la pieza.
- El costo de inversión en equipos es elevado.
- Hay que resguardarse de la radiación, es necesario tener conocimiento de seguridad radiológica.
- El equipo no es portátil.
- El accionamiento y procesamiento debe estar a cargo de personal calificado.

# Ensayos Electromagnéticos

## 1.2.6 Corrientes Inducidas (CI)

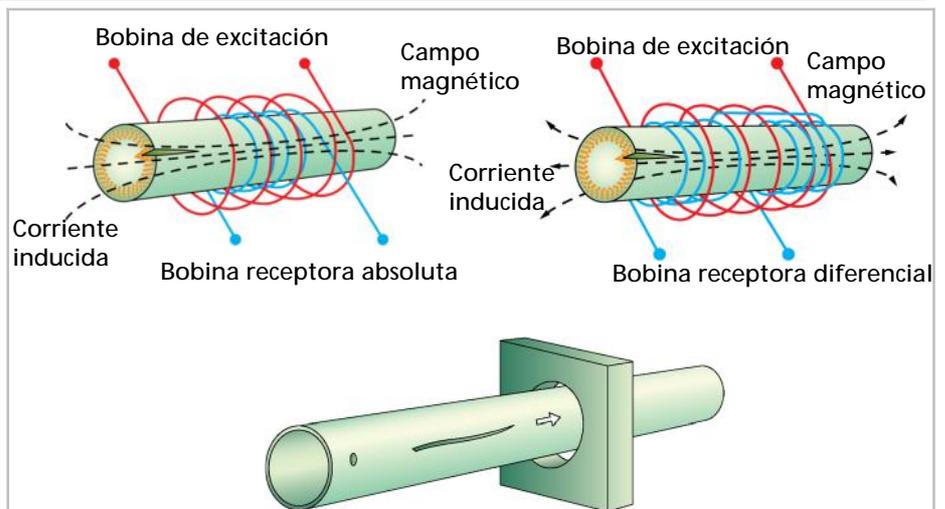
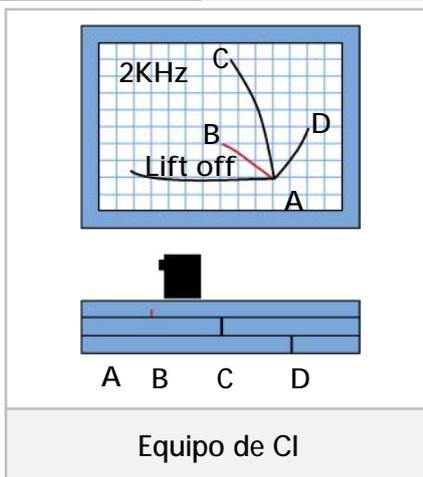
### Aplicación

La inspección por corrientes inducidas es un CND basado en el principio de inducción electromagnética. Se puede usar para:

- Medir o identificar propiedades tales como la conductividad eléctrica, el tamaño de grano, las condiciones de tratamiento térmico, la dureza y dimensiones físicas.
- Detectar solapas, fisuras, vacíos e inclusiones.
- Seleccionar materiales disímiles y detectar diferencias en su composición, microestructura, etc.
- Medir espesores de recubrimiento no conductores, como ser pintura sobre material conductor.

### Método de examen

Se usa un generador de corriente alterna que, conectado a una bobina, proporciona un campo magnético alternativo. Si la bobina está ubicada en proximidad de un material eléctricamente conductor, se generarán en éste corrientes inducidas que variarán según el material esté "sano" o bien presente alguna discontinuidad.



### Ventajas

- Detecta y luego evalúa discontinuidades superficiales y subsuperficiales en cualquier conductor eléctrico, sea magnético o no.
- El ensayo, en muchos casos, puede ser completamente automatizado.
- Sirve para seleccionar, separar y clasificar materiales.
- Detecta fisuras, defectos, corrosión, inclusiones y variación de espesor.
- Puede ser usado en temperaturas y velocidades altas.

### Limitaciones

- La superficie no debe estar sucia o contaminada.
- Las bobinas deben ser diseñadas específicamente para cada diámetro.
- La profundidad de ensayo es limitada y debe ser comparada con un patrón de referencia.

# Ensayos Electromagnéticos

## 1.2.7 Ensayo por Flujo Disperso (FD)

### Aplicación

Este ensayo está limitado a discontinuidades superficiales y subsuperficiales. La detección de discontinuidades subsuperficiales es limitada en este método

### Método de examen

El ensayo por Flujo Disperso es un CND basado en el mismo principio que el ensayo por Partículas Magnetizables salvo que, en lugar de partículas, se utilizan sensores inductivos o de efecto Hall para detectar el flujo disperso causado por discontinuidades. Este ensayo se aplica a materiales ferromagnéticos.



### Ventajas

- Permite la detección de discontinuidades tanto en la superficie externa como en la interna en tubos.
- Es un ensayo que se realiza "on line" con equipos automáticos de gran productividad.
- Son equipos de complejidad moderada.

### Limitaciones

- Tienen limitado el campo de aplicación a 12,7 mm de espesor para la detección de defectos internos en tubos.
- Es un ensayo que necesita de operadores certificados y con experiencia para su utilización.

## 1.3

## Ensayos realizados sobre tubos con costura

### Controles NDT Laminación

- Medición espesor de pared rayos gama;
- Inspección visual;
- Inspección UT planchas;
- Otros controles NDT.

### Planta UOE

- Controles NDT;
- Defectos Típicos;
- Desarrollo – Radiografía digital.

### Planta ERW (Soldadura de resistencia eléctrica)

- Controles NDT;
- Defectos Típicos;
- Desarrollo – Phased Array + TOFD (Prove-up).

### Planta OCTG

- Controles NDT;
- Defectos Típicos

### Planta Spiral Pipes

- Controles NDT;
- Defectos Típicos..



Inspección visual



Planta de OCTG  
UT En Todo el Largo

**ACTIVIDAD. Características de los Métodos de CND**

*Habiéndose visto las características de los métodos trabajados, realice la siguiente actividad.*



Seleccionar las opciones correctas.

1 Se debe examinar una pieza en busca de fisuras superficiales. La pieza es de un tamaño pequeño (10 cm x 20 cm x 1 cm) y está construida de un material np poroso. ¿Qué método de CND usaría en este caso?

- a. Inspección por partículas magnéticas.
- b. Líquidos penetrantes.
- c. Ultrasonido.

2 ¿Qué tipo de discontinuidades son factibles de detectar mediante la inspección visual?

- a. Discontinuidades en piezas simples, sin aristas.
- b. Discontinuidades internas, como inclusiones.
- c. Discontinuidades superficiales, como fisuras.

3 Se debe examinar una pieza de material ferroso en busca de discontinuidades internas. La pieza está acoplada a una pieza de mayor tamaño y sólo una de sus caras es accesible. Se decide usar para ello la inspección radiográfica. ¿Está usted de acuerdo?

- a. Sí, los RX están indicados para materiales ferrosos y discontinuidades internas.
- b. Sí, siempre y cuando se trate de porosidad, fisuras o inclusiones.
- c. No, los RX requieren el acceso a las dos caras de la pieza.

4 En los siguientes métodos de CND indique: qué tipo de defecto o discontinuidad se podrá detectar en el tubo, qué se necesita para llevar a cabo el examen y cuáles son las restricciones que el método impone.

a. Ultrasonido

---

---

---

b. Placa Radiográfica

---

---

---

c. Corrientes inducidas

---

---

---

d. Líquidos penetrantes

---

---

---

e. Inspección visual

---

---

---

f. Partículas magnetizables

---

---

---

***¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el capítulo 1. A continuación se desarrollará el capítulo Normas de Certificación.***



2

# Normas de Certificación

**A lo largo de este capítulo se trabajará con las Normas ISO 9712, ISO 11484 y ASNT SNT-TC-1A y sus implicancias en el trabajo de las plantas.**

## TEMAS DEL CAPÍTULO 2

2.1	Requerimientos a Operadores Certificados	23
2.2	Proceso de Certificación	25
2.3	Normas y Procedimientos	29

Ensayos no destructivos



Tipo de Documento: Procedimiento  
 Nivel: 3  
 Idioma Oficial: Español

IDM Código / rev.: PRD01113/ 5  
 Código Anterior: 08-180  
 Fecha de Vigencia: 12/02/2009

Los cambios respecto de la versión anterior se indican en el documento.  
 Anula y Sustituye a: **PRD01113/4 (19-OCT-06)**

Este documento es copia de información o datos contenidos en el mismo son propiedad exclusiva de Tenaris Global Services S.A. y/o sus compañías afiliadas ("Tenaris"), y como tal debe considerarse confidencial. Este documento o cualquier otra información y/o datos contenidos en el mismo no deben ser copiados, reproducidos, revisados ni distribuidos o ser usados de otro modo para y/o por terceros para fines que no sean el ejercicio de las actividades autorizadas y por escrito de Tenaris. Ante dichas acciones prohibidas se iniciarán acciones penales en la medida de lo legalmente posible. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

**Operación del Equipo UNICORN**

Este documento ha sido reemplazado por el PRD03498 "Operación del equipo Unicorn-00100".

certificación de personal

Personnel Certification

---



Tipo de Documento: Procedimiento  
 Nivel: 3  
 Idioma Oficial: Español

IDM Código / rev.: PRD00909/ 2  
 Código Anterior: 08-157  
 Fecha de Vigencia: 20/01/2009

Los cambios respecto de la versión anterior se indican en el documento.  
 Anula y Sustituye a: **PRD00909/1 (02-AUG-04)**

Este documento es copia de información o datos contenidos en el mismo son propiedad exclusiva de Tenaris Global Services S.A. y/o sus compañías afiliadas ("Tenaris"), y como tal debe considerarse confidencial. Este documento o cualquier otra información y/o datos contenidos en el mismo no deben ser copiados, reproducidos, revisados ni distribuidos o ser usados de otro modo para y/o por terceros para fines que no sean el ejercicio de las actividades autorizadas y por escrito de Tenaris. Ante dichas acciones prohibidas se iniciarán acciones penales en la medida de lo legalmente posible. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

**Operación Equipo USIP-20/WDM Cent. USL2**

Objetivo

Establecer las pautas para la operación del Equipo USIP-20/WDM de control c Ultrasonido al cuerpo del tubo para la detección de discontinuidades con orientación longitudinal y transversal externo e interno, medición continua de espesor y en el caso estar requerido detección de defectos de tipo laminaciones.

Alcance

PREPARO	REVISO
PEDRO MARIO LORENZATO	ROBERTO FABIAN BRANDETTI, ANDRÉS

Este documento ha sido firmado digitalmente.  
 Este documento, para documentos electrónicos, es copia impresa.  
 Este documento tiene validez legal desde su impresión en el sistema de control de calidad.  
 Si la copia no es controlada a través del sistema de control de calidad, se debe considerar que la información contenida en el mismo puede haber sido alterada.  
 Si la copia no es controlada a través del sistema de control de calidad, se debe considerar que la información contenida en el mismo puede haber sido alterada.

## 2.1 Requerimientos a Operadores Certificados

A continuación se presenta un extracto de las incumbencias de los operadores certificados según la norma de Certificación adoptada.

### N1

Una persona certificada en el Nivel 1 está calificada para efectuar tareas de CND de acuerdo con instrucciones escritas y bajo la supervisión del personal de Nivel 2 ó 3. Dicha persona debe ser capaz de:

- Preparar los equipos.
- Realizar los ensayos.
- Registrar y clasificar los resultados de acuerdo con un criterio documentado.
- Informar los resultados.

### N2

Una persona certificada en el Nivel 2 está calificada para realizar y dirigir CND según procedimientos probados o reconocidos. Esto debe incluir:

- Definir las limitaciones de aplicación del método de ensayo para el cual el Nivel 2 está calificado.
- Elaborar instrucciones de ensayo prácticas adaptadas a las condiciones reales de trabajo a partir de los códigos, normas, especificaciones y procedimientos de CND.
- Preparar y verificar la preparación de los equipos.
- Realizar y supervisar los ensayos.
- Interpretar y evaluar los resultados de acuerdo a los códigos, normas y especificaciones aplicables.
- Preparar instrucciones de CND.
- Efectuar o supervisar todas las tareas de Nivel 1.
- Entrenar o guiar personal inferior al Nivel 2.
- Organizar e informar los resultados de los CND.

### N3

Una persona certificada en el Nivel 3 puede ser autorizada a dirigir cualquier operación en el o los métodos de CND para los cuales está certificado. Esto debe incluir:

- Indicar los métodos de ensayo, técnicas y procedimientos particulares a utilizar en un trabajo específico de CND.
- Interpretar y evaluar los resultados de acuerdo a los códigos, normas y especificaciones existentes.
- Administrar los exámenes de calificación, en caso que esté autorizado para esta tarea por el organismo de certificación.
- Ejecutar o supervisar todas las tareas de Niveles 1 y 2.

NOTA: Para la selección de los requisitos se han tomado los más rigurosos de cada norma (CP 189, EN 473, ISO 9712, ISO 11484; SNT-TS-IA).

Para ser certificado según esta norma se requiere, en síntesis:

- Haber cumplimentado el/los curso/s correspondiente/s.
- Superar un examen de visión.
- Contar con la certificación del tiempo de práctica correspondiente.
- Aprobar los exámenes correspondientes.
- Cumplir con el código de ética.

## ACTIVIDAD. Normas de Certificación

*Luego de haber visto los requerimientos para los operadores certificados, realice la siguiente actividad.*



Unir con flechas cada nivel con sus características correspondientes.

Nivel 1



Calificado para efectuar tareas de CND de acuerdo con instrucciones escritas y bajo supervisión.

Nivel 2



Calificado para dirigir cualquier operación en el o los métodos de CND para los cuales está certificado.

Nivel 3

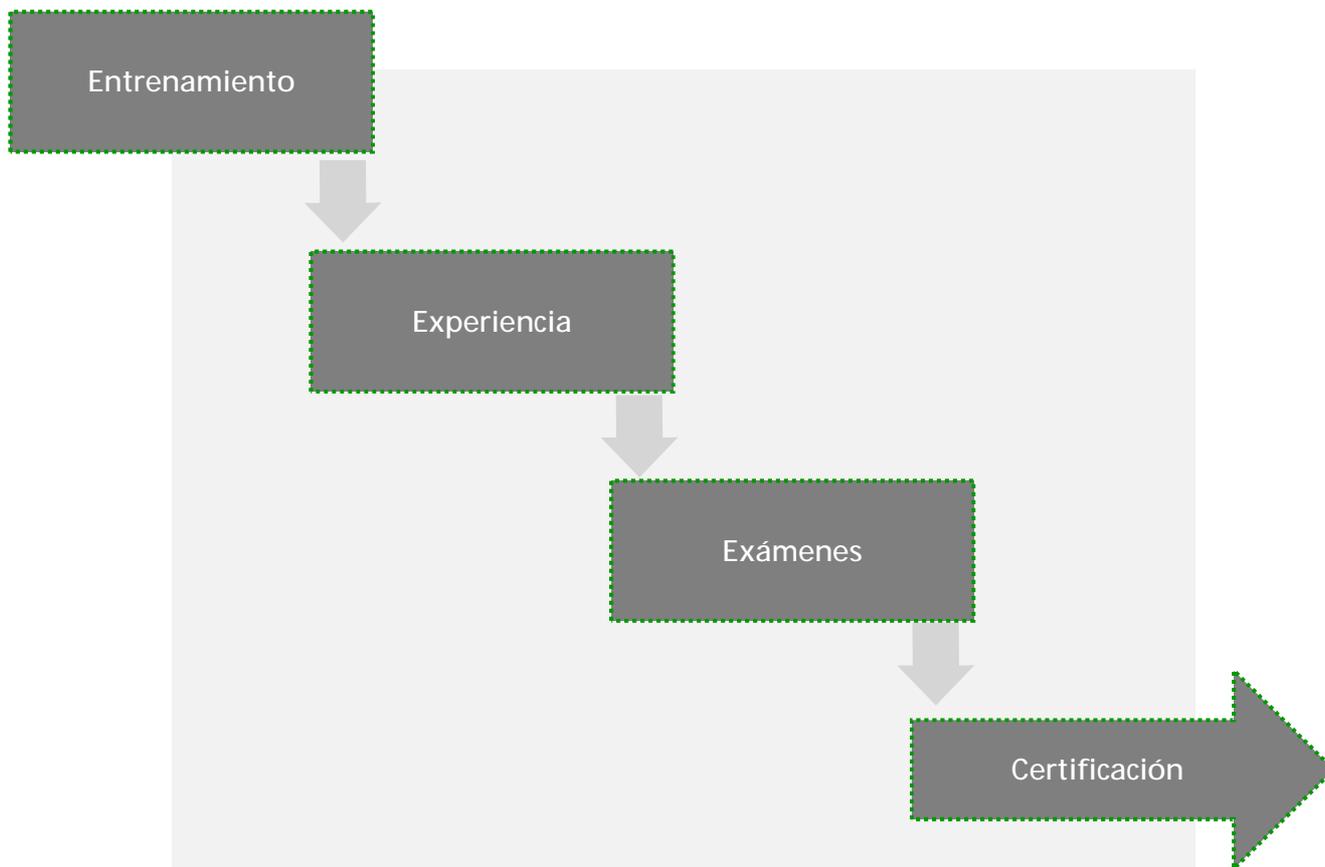


Debe haber cumplimentado los cursos correspondientes, superar un examen de visión, contar con la certificación del tiempo de práctica y aprobar los exámenes.

Calificado para preparar procedimientos y dirigir ensayos de CND para los cuales esta certificado

## 2.2 Proceso de Certificación

El proceso de certificación debe respetar los siguientes pasos:



Entrenamiento

Experiencia

Exámenes

Certificación

El entrenamiento es un proceso de instrucción teórica y práctica del método de CND que consiste en un curso de entrenamiento de acuerdo a programas aprobados, pero que no debe incluir el uso de probetas que se emplean en los exámenes prácticos.

Durante el mismo se utilizan ciertas tecnologías CND, es decir, materiales de estudio empleados con el fin de acompañar la instrucción de los candidatos.

Para aprobar un curso se debe asistir por lo menos al 80% del mismo y superar los exámenes y entregas de trabajos prácticos pautados al inicio del curso por el instructor. Una vez aprobado un curso, el mismo no se vence. La carga horaria mínima se establecerá teniendo en cuenta las guías de las Normas de Certificación .

Entrenamiento

Experiencia

Exámenes

Certificación

La experiencia requerida para la certificación es responsabilidad del empleador, quien la debe certificar y aportar, además, la documentación probatoria para completar la tramitación de la certificación. Se debe entregar año a año, en caso contrario (interrupción laboral de más de 1 año) la certificación caduca.

Para la certificación de Nivel 2, la experiencia comprende el período indicado en la tabla que se encuentra a continuación trabajando como Nivel 1. Si la persona se califica directamente como Nivel 2 sin haber pasado por el Nivel 1, la experiencia consistirá de la suma de los períodos requeridos para los Niveles 1 y 2.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de entrenamiento de los métodos de CND más utilizados en la industria. Estos son:

- CI= Corrientes Inducidas
- FD= Flujo Disperso
- PM= Partículas Magnetizables
- LP= Líquidos Penetrantes
- RI= Radiografía Industrial
- US= Ultrasonido
- EV= Ensayos Visuales

Método CND	Nivel I	Nivel II (inclusivo de Nivel I)	Nivel III (inclusivo de Nivel II)
CI	40	104	150
FD	40	104	150
PM	16	40	72
LP	16	40	64
RI	40	120	160
US	40 (64 para EN473)	120 (144 para EN473)	160 (216 para EN473)
EV	16	40	64

Requerimiento de entrenamiento, en horas, de acuerdo a la norma EN 473, ISO 9712 y ISO 11484 Estándares

**¡ATENCIÓN!**



**Para información actualizada sobre la duración de los cursos de nivel, referirse al procedimiento PRD 01535.**

Entrenamiento

Experiencia

Exámenes

Certificación

Para poder rendir los exámenes se debe tener aprobado el/los curso/s correspondiente/s a la técnica, nivel y sector industrial correspondiente. Cada examen se aprueba con 70 o más puntos. Sin embargo, para poder ser calificado se debe cumplir, además, con la siguiente fórmula:

$$GE \times 0,25 + ES \times 0,25 + PR \times 0,5 \geq 80$$

Donde

- **GE**= Puntuación del Examen General
- **ES**= Puntuación del Examen Específico
- **PR**= Puntuación del Examen Práctico

### Examen General escrito para Niveles 1 y 2

El examen general debe orientarse hacia los principios básicos para la aplicación del método.

### Examen Específico escrito para Niveles 1 y 2

El examen específico debe estar orientado al equipamiento, procedimiento de operación y técnicas de ensayos para la aplicación del método durante la tarea específica.

Además, debe cubrir las especificaciones o códigos de aceptación de los procedimientos de CND utilizados.

### Examen Práctico para Niveles 1 y 2

El postulante debe demostrar familiaridad con el método, habilidad para operar el equipamiento de CND necesario y para registrar y analizar la información resultante.

En la evaluación del examen práctico para un Nivel 1 en CND se debe demostrar pericia en la realización del CND sobre dos o más probetas seleccionadas por el Nivel 3 del centro examinador.

En la evaluación del examen práctico para un Nivel 2 en CND se debe demostrar pericia en la selección y realización del mismo, en la interpretación y evaluación de normas o especificaciones y de los resultados del ensayo sobre dos o más probetas seleccionadas por el Nivel 3, debiendo, además, preparar una instrucción escrita para realizar dicho ensayo.

A lo largo de este proceso se realiza la evaluación de las aptitudes físicas, conocimientos, habilidades, entrenamiento y experiencia requeridos para ejecutar tareas de CND, conocido como **calificación**.

**¡ATENCIÓN!**



***Entre la aprobación del primer examen y el último no puede pasar más de un año. Sólo se pueden recuperar dos exámenes en total y no se puede tomar más de dos veces el mismo.***

Entrenamiento

Experiencia

Exámenes

Certificación

La certificación es el testimonio escrito de la calificación, y tiene validez por cinco años. La persona que cumple con lo expresado respecto a las reglamentaciones vigentes puede renovar su certificado por otro período de 3 ó 5 años según la norma adoptada.

### Renovación

Se puede iniciar un segundo período de validez de la certificación con una duración similar al anterior si cumple con los requisitos fijados en la Norma de Certificación adoptada.

### Recertificación

Consiste en iniciar un nuevo período de validez de la certificación con una duración similar al anterior si cumple con los requisitos fijados en la Norma de Certificación adoptada, antes de haber completado el segundo período o al menos cada diez años.

## Otras Consideraciones

### Agudeza visual

Se debe entregar año a año el certificado de agudeza visual. En caso contrario, la certificación caduca.

#### ACTIVIDAD. ¿Certificado o no?

Determinar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

ACTIVIDAD



		VERDADERO	FALSO
1	El entrenamiento requerido para la certificación debe incluir el uso de probetas de examen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	El plazo de vencimiento del curso de entrenamiento es de 5 años, con posibilidad de renovación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Presentarse para el examen medico visual anual es condición obligatoria para mantener la certificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2.3 Normas y Procedimientos

Las especificaciones dependen del tipo de producto a fabricar y del cliente que requiera ese producto.

Al disponer de las especificaciones, se realiza un plan de inspección y ensayo. Éste generalmente detalla los tipos de CND que se realizarán sobre el material a fabricar, el momento del proceso en que se llevarán a cabo y los equipos que se utilizarán, así como el criterio de aceptación y rechazo. En cada puesto de trabajo se debe seguir el plan de control de procesos, que es de primordial importancia para asegurar que el ensayo se realice dentro de los parámetros establecidos. En los instructivos de los equipos se detalla cómo operar los específicos para el ensayo.

### API (Instituto Americano del Petróleo)

Son normas de producto. Las más utilizadas para la fabricación de tubos de acero para uso petrolero son: API-5CT, API-5L, API-5D y la Práctica Recomendada API-5A5.

### ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales)

Son normas o guías que indican la manera de realizar el ensayo.

#### ACTIVIDAD.

#### ¿Verdadero o Falso?

Decidir si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.



#### ACTIVIDAD

		VERDADERO	FALSO
1	El plan de inspección y ensayo determina el tipo de CND que se aplicará.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Las normas API son las referidas al modo de realizar el ensayo y, las ASTM, las referidas al producto en sí.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	El supervisor es el responsable único de llevar a cabo el plan de control de procesos en cada una de las etapas correspondientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el capítulo 2. A continuación se desarrollará el capítulo Defectos en los Materiales.*



## 3

# Defectos en los Materiales

*En este capítulo se mencionan las características más importantes de los materiales metálicos y no metálicos. Además, se repasan las diversas discontinuidades existentes en el proceso de fabricación de tubos.*

## TEMAS DEL CAPÍTULO 3

3.1 Características de los Materiales Metálicos y No Metálicos	31
3.2 Defectos y Discontinuidades	36



## 3.1 Características de los Materiales Metálicos y No Metálicos

### ¿Qué es el átomo?

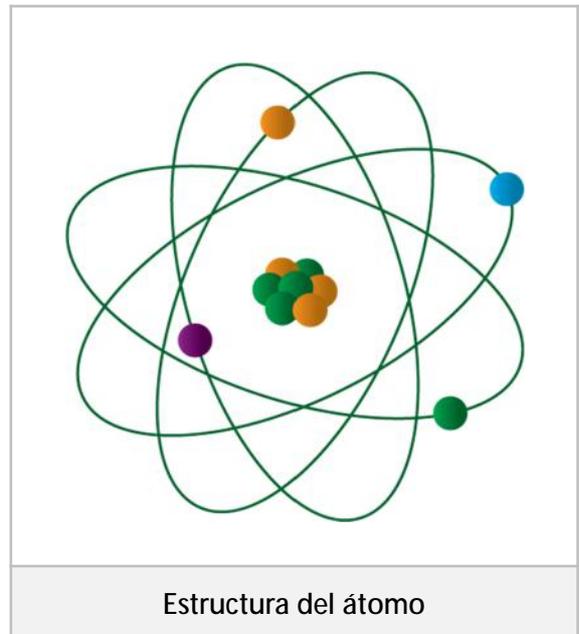
Un átomo es la menor porción de materia que aún conserva sus propiedades. Está formado por un núcleo - compuesto de protones y neutrones - y varias capas de electrones que giran alrededor del núcleo atómico.

Los protones tienen carga positiva y los neutrones no tienen carga alguna. Los electrones, por su parte, tienen carga negativa. La cantidad de protones y electrones es tal que un átomo es neutro eléctricamente.

Protones	»»	Carga positiva
----------	----	----------------

Electrones	»»	Carga negativa
------------	----	----------------

Átomo	»»	Eléctricamente neutro
-------	----	-----------------------



Cuando los elementos interactúan en reacciones químicas, los mismos intercambian electrones y se forman los cationes (átomos cargados positivamente) y los aniones (átomos cargados negativamente).

### Clasificación de los Elementos Químicos

Los elementos químicos, en general, pueden ser divididos en dos grandes grupos según sus diferentes propiedades:



Elementos Metálicos



Elementos no Metálicos

Hay, además, un grupo de elementos que tienen propiedades intermedias. A los elementos de este grupo se los denomina Elementos de Transición o Metaloides.



## Elementos Metálicos

Los metales, a excepción del mercurio, son sólidos en condiciones normales de presión y temperatura. En general son brillantes, maleables y dúctiles. Asimismo, cuando reaccionan químicamente muestran una carga positiva.

Los metales son buenos conductores tanto del calor como de la electricidad. Esto se debe al hecho que los electrones que se encuentran en la capa exterior del átomo tienen tendencia a desprenderse de él porque se encuentran alejados de la influencia eléctrica positiva que ejerce el núcleo. Este fenómeno ocasiona lo que se denomina "mar de electrones libres", hecho responsable de la generación de la corriente eléctrica. Algunos ejemplos típicos de metales son: aluminio, hierro, oro, plata, sodio, cobre, magnesio, titanio, etc.

La metalurgia es la ciencia y tecnología que se ocupa de la obtención y tratamiento de los metales.

- La obtención se realiza a partir de la preparación de la *mena*. Ésta es el depósito natural de un mineral que tiene una composición química adecuada para proceder a su separación.
- El tratamiento incluye la producción del metal y la purificación del mismo. Esto último abarca los procesos de aleación que consisten en la combinación de elementos entre sí para dar un material que presente nuevas propiedades físicas, distintas a las que poseen los elementos que la conforman en su estado puro y por separado. Algunos ejemplos típicos de aleaciones son: latón (cobre-zinc), bronce (cobre-estaño), estaño para soldadura (mezcla de estaño y plomo) y aceros (mezcla de hierro, carbono y demás metales y no metales).



Acero fundido

## EJEMPLO



***El hierro es un metal que presenta características bien definidas. Es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza y uno de los más importantes para el hombre, ya que a partir de él se obtiene el acero. Además, presenta una característica muy relevante: el ferromagnetismo o la capacidad para interactuar con los campos magnéticos.***

***Aleaciones de hierro***

***El hierro puede asociarse con otros metales y no metales para formar aleaciones. El uso industrial de estas aleaciones es ampliamente conocido, la fundición y el acero son las más difundidas.***

- ***La fundición es una mezcla de hierro que presenta entre el 1,7% y el 6,6% de carbono. Es de fácil moldeo y de mayor resistencia a la corrosión que el acero común. Se utiliza para la construcción naval, de ferrocarriles, en alcantarillado, etc.***
- ***Los aceros son aleaciones de hierro y carbono cuyo porcentaje de carbono es menor al 1,7%. También presentan porcentajes variables de otros elementos que varía según el uso al que esté destinado el material. El tratamiento térmico también confiere importantes propiedades en un acero, por ejemplo el templado le brinda mayor dureza.***



Bobina de acero

***Producción de hierro y acero***

***La producción de hierro es un proceso de reducción de los minerales que lo contienen (pirita, hematita, magnetita o siderita) a su estado puro (hierro metálico).***

***La producción de acero, en cambio, es básicamente un fenómeno de oxidación donde las impurezas (silicio, fósforo, exceso de carbono, etc.) que contiene el hierro metálico son eliminadas mediante la reacción con oxígeno gaseoso y el agregado de algún fundente como la cal. Los óxidos formados por la reacción entre las impurezas y el oxígeno generan un sobrenadante que se ubica encima del hierro fundido y se denomina escoria.***

**¡ATENCIÓN!**

***Para más información, refiérase al curso Metalurgia Física Básica.***



## Elementos no Metálicos

En su mayoría, los elementos no metálicos se presentan en estado sólido, aunque algunos elementos pueden encontrarse en estado gaseoso y unos pocos en estado líquido. Los no metales son malos conductores del calor y de la electricidad, y tienden a formar aniones.

Ejemplos de no metales sólidos son los cerámicos y los polímeros. Tienen un gran campo de aplicación pudiendo mostrar tanto cargas positivas o negativas en reacciones químicas.

El cloro, yodo, oxígeno e hidrógeno son ejemplos de no metales en estado gaseoso en condiciones normales de presión y temperatura. El bromo, en dichas condiciones, es líquido.

### EJEMPLO

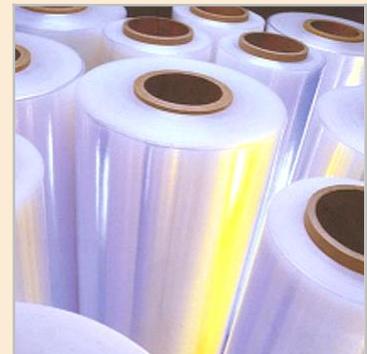


#### **Cerámicos**

**Los cerámicos tienen baja conductividad eléctrica y térmica, siendo utilizados a menudo como aislantes. Además, son duros aunque esto mismo los hace frágiles y quebradizos. Las nuevas técnicas de procesos consiguen que los cerámicos sean lo suficientemente resistentes a la fractura para que puedan ser utilizados en aplicaciones de carga. Dentro de este grupo de materiales se encuentran el ladrillo, el vidrio, la porcelana, materiales refractarios y materiales abrasivos.**

#### **Polímeros**

**Los polímeros son grandes estructuras moleculares creadas a partir de moléculas orgánicas. Tienen baja conductividad eléctrica y térmica, reducida resistencia debiéndose evitar su uso a temperaturas elevadas. Los polímeros termoplásticos, en los que las cadenas moleculares no están conectadas de manera rígida, tienen buena ductilidad y conformabilidad; en cambio, los polímeros termoestables son más resistentes a pesar de que sus cadenas moleculares fuertemente enlazadas los hacen más frágiles. Tienen múltiples aplicaciones.**



Polietileno

#### **Materiales compuestos**

**Los materiales compuestos están formados por una combinación de materiales que les brindan propiedades que no se encuentran en ninguno de ellos de forma individual. Su uso está ampliamente difundido. Se utilizan en aviones, autos de altas prestaciones, industria aeroespacial, etc.**

**Un ejemplo muy simple de un material compuesto es el plástico reforzado con fibras de vidrio.**

**ACTIVIDAD. Materiales Metálicos y No Metálicos**

*Luego de haber visto las características de los materiales metálicos y no metálicos, realice la siguiente actividad.*



Responder las siguientes consignas.

1	Indique si las siguientes afirmaciones corresponden a los metales o no metales.	METALES	NO METALES
	a. Son buenos conductores tanto del calor como de la electricidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	b. En condiciones normales de presión y temperatura, pueden presentarse en estado sólido, líquido y gaseoso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	c. Suelen usarse como aislantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	e. Son brillantes, maleables y dúctiles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Mencione tres metales y tres no metales:

METALES

---

---

---

NO METALES

---

---

---

## 3.2 Defectos y Discontinuidades

Mientras se lleva a cabo un CND, el término más adecuado para la primera señal o indicio que se observa en la pieza debería ser “*indicación*”. Esto se debe a que no toda indicación es necesariamente un defecto o discontinuidad. La indicación, detectada por una inspección visual u otro método, podría ser falsa o irrelevante.

Aquellas indicaciones originadas en la interrupción de la estructura física de una pieza (excluidos sus límites físicos) se denominan “*discontinuidades*”. Una discontinuidad puede afectar la utilidad de una pieza, o no.

Las discontinuidades están divididas en tres categorías:



### Discontinuidades Inherentes

Son aquellas relacionadas con la fusión, colada y solidificación de la pieza fundida. Por ejemplo: alimentación inadecuada de chatarra en el horno eléctrico, temperatura de colada alta, gases atrapados, etc.



### Discontinuidades de Proceso

Son aquellas relacionadas con los diversos procesos de fabricación, tales como: soldadura, amolado, maquinado, tratamiento térmico, placado, etc.

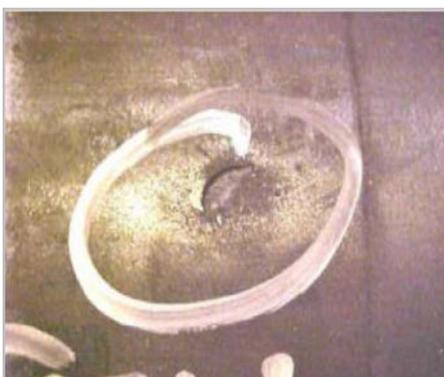


### Discontinuidades de Servicio

Son aquellas que están relacionadas con las distintas condiciones de puesta en marcha y operación de equipamiento y accesorios. Por ejemplo, corrosión bajo tensión, fatiga y desgaste.

Cada una de estas categorías se clasifican, a su vez, en función de si se trata de materiales ferrosos o no ferrosos, la configuración específica del material y si corresponde, o no, con el proceso de fabricación.

Una discontinuidad que interfiere con la utilidad del elemento examinado por exceder los límites de aceptación de una norma o especificación de diseño es un “*defecto*”.



Defecto en la superficie del tubo

### RECUERDE



***Indicación:*** primera señal o indicio que se observa en la pieza, que puede ser falsa o irrelevante.

***Discontinuidad:*** indicación originada en la interrupción de la estructura física de una pieza (excluidos sus límites físicos).

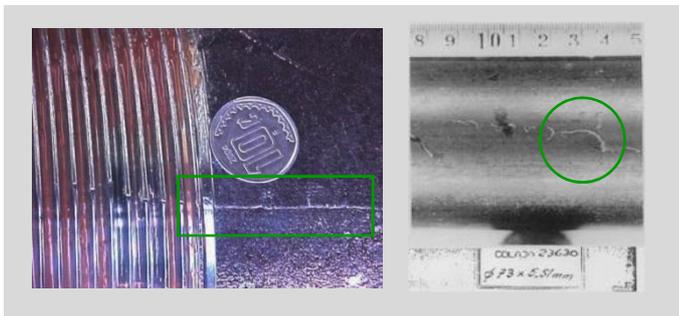
***Puede afectar, o no, la utilidad de la pieza.***

***Defecto:*** discontinuidad que interfiere con la utilidad del elemento examinado por exceder los límites de aceptación de una norma o especificación de diseño.

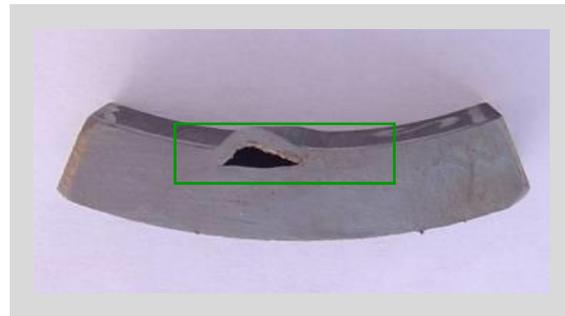
## Clasificación de Discontinuidades y Defectos

Los defectos y discontinuidades se clasifican de acuerdo a su posición (*ubicación dentro del material*) y morfología:

Posición	Morfología
Superficiales	Planares
Subsuperficiales	Volumétricos
Internos	



Defectos superficiales



Defecto interno

## Selección del método de CND

Tomando en consideración la defectología y su evaluación, se podrá seleccionar en primera instancia el método de control más adecuado.

### Métodos posibles según la defectología:

- Ensayo Visual
- Líquidos Penetrantes
- Partículas Magnéticas
- Ensayo de Pérdida
- Radiografía Industrial
- Flujo Disperso
- Ultrasonido

Si además de detectarla, se necesita evaluar la defectología se puede utilizar:

- Ultrasonido
- Corrientes Inducidas
- Flujo Disperso
- Radiografía

### RECUERDE



**Al seleccionar un método y su técnica de aplicación se deben tener en cuenta los siguientes puntos:**

- **Exactitud del método de ensayo.**
- **Limitaciones de las propiedades del material.**
- **Limitaciones en la interpretación de resultados.**
- **Tamaño y forma del componente.**
- **Limitaciones debidas a las condiciones de sensibilidad.**

## ACTIVIDAD. Buscando Defectos y Discontinuidades

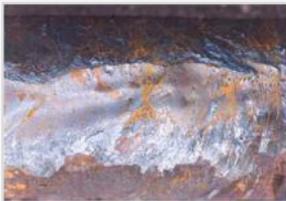
*Luego de haber visto los diferentes tipos de defectos y discontinuidades, realice la siguiente actividad.*



Realizar las siguientes actividades.

1

Indicar si los siguientes casos corresponden a un defecto o a una imperfección. Si fueran discontinuidades, clasificarlas.



Se observan poros de diferentes tamaños a lo largo de una línea longitudinal en la barra, producto de gases disueltos en el acero durante la fabricación y/o la colada.



Las barras coladas presentan una curvatura que excede la especificación requerida por el laminador en caliente. Esto fue ocasionado por irregularidades en el proceso de enfriamiento.



Se observa un agujero en el tubo, debido a una deformación no homogénea en el laminador.



La imagen muestra el perfil de un área soldada con exceso de material expulsado en la costura. Una razón posible de esto es el desplazamiento de la chapa en el área de conformado. Se puede amolar.

2 Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

	VERDADERO	FALSO
a. Si un método de CND alerta sobre una indicación habrá que evaluarla, ya que no siempre implica una discontinuidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Un método de CND puede ser aplicable a la evaluación de un tipo de discontinuidad, pero la sensibilidad de los equipos en uso puede hacer que el método deba ser descartado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Los métodos de CND están restringidos a discontinuidades superficiales y sub-superficiales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Las aleaciones conservan las características de conductividad térmica y eléctrica de los metales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los metales se caracterizan por la alta conductividad térmica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Una diferencia entre la fundición y el acero es que el porcentaje de carbono en este último es menor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Se dice que hay una discontinuidad en una pieza cuando ésta tiene que ser descartada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Entre los métodos de CND están aquellos que sirven para detectar el defecto pero no para evaluarlo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Una discontinuidad generada durante un proceso de soldadura se considera inherente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

***En este punto finaliza la explicación sobre Defectos en los Materiales.***

***¡Felicitaciones! Ha finalizado el curso Introducción a los Ensayos No Destructivos (CND) - No Especialistas***



# Anexo

## CAPITULO 1: Ensayos No Destructivos

### Probabilidad de Detección

#### Analizando los posibles resultados de una inspección de CND

Los CND, como resultado de una inspección, pueden asumir alguno de los siguientes estados:

#### NEGATIVO:

No se encuentra evidencias de indicación de algún potencial problema.

#### POSITIVO

Se detecta algo sospechoso. Esto se evidencia con la aparición de una o más indicaciones.

El elemento siendo analizado puede presentar solo dos posibles estados reales:

#### ACEPTADO:

Cumple con los criterios/parámetros de control especificados

#### RECHAZADO

Si no cumple con los criterios/parámetros de control especificados

A continuación se presenta una tabla con las posibles combinaciones, entre resultado del CND y estado real del elemento.

Estado Real	Resultado CND	Combinación
Aceptado	Negativo	Negativo Verdadero (TN)
Aceptado	Positivo	Falso Positivo (FP)
Rechazado	Negativo	Positivo Verdadero (TP)
Rechazado	Positivo	Falso Negativo (FN)

Como conclusión de la tabla anterior, obtenemos que pueden existir dos posibles tipos de errores cuando se realizan Ensayos no destructivos:

### Falsos Positivo

También llamados Falsas Alarmas, estos errores implican una pérdida de tiempo o de productos (innecesaria inspección detallada adicional o reproceso/descarte de un producto aceptable).

### Falso Negativo

Se deben a limitaciones de la técnica de CND o de la unidad de control utilizada. Estos errores implican la aceptación de un producto defectuoso. Estos son claramente los errores más peligrosos, porque significan el envío de material no conforme al cliente.

## Indicadores de control de una inspección de CND

Dos indicadores de control han sido definidos para evaluar el rendimiento de las técnicas de CND aplicadas. Estos permiten cuantificar las probabilidades de ocurrencia de eventos indeseados como pueden ser los FN y FP.

### Probabilidad de detección (POD):

Se define como la fracción de las piezas defectuosas que se detectan

$$POD = TP / (TP + FN)$$

Donde:

TP = Positivos Verdaderos

FN = Falsos Negativos

### Tasa de acierto (Killing Rate – KR):

Se define como la fracción de las alarmas (indicaciones) que se ha analizado y evaluado con éxito

$$KR = TP / (TP + FP)$$

Donde:

TP = Positivos Verdaderos

FP = Falsos Positivos

## ¿Cómo se miden estos indicadores?

### Probabilidad de detección (POD)

Es muy difícil estimar la probabilidad de detección (POD), porque "sólo Dios sabe" cuantos falsos negativos (FN) pueden existir en un lote evaluado.



#### RECUERDE

*Los falsos negativos escapan el umbral de detección de la técnica CND utilizada, por lo tanto nos encontramos "ciegos" para detectar y evaluar estas indicaciones.*

### Tasa de acierto (Killing Rate – KR)

En comparación con la POD, la Tasa de Acierto o "killing rate" es relativamente fácil de medir.

Sólo es necesario verificar todas las indicaciones positivas, evaluar y determinar cuáles son positivas verdaderas y cuáles son positivas falsas. Esta tarea es algo que se hace rutinariamente

### Probabilidad de Falsas Alarmas

A menudo se utiliza la probabilidad de falsas alarmas (PFC) en lugar de la killing rate. La PFC se puede definir como:

$$PFC = FP / (TP + FP) = 1 - KR$$

Donde

FP = Falsos positivos

TP = Positivos Verdaderos

KR = Killing Rate (Tasa de acierto)

## Relación de indicadores

En una situación ideal, para una técnica cualquiera de control no destructivo, se debería obtener los siguientes valores en los indicadores de control:

- POD lo más cercano posible a 1
- KR lo más cercano posible a 1
- PFC lo más cerca posible a 0



### ¡ATENCIÓN!

***Sin embargo obtener esta relación de indicadores, es muy poco probable de alcanzar. Se debe buscar un compromiso entre la calidad de detección y costo/tiempo de inspección***

### Efecto de la reducción del umbral

La reducción del umbral de detección aumenta el POD, pero disminuye significativamente el KR o, equivalentemente, aumenta la probabilidad de falsas alarmas (PFC), deteriorando la productividad de la línea.

Es por eso que el POD por sí mismo no define el estado de una línea de inspección: no tendría sentido llegar a  $POD = 1$  si ello implica la productividad igual a cero.

“El presente documento y toda la información que contiene son propiedad de Tenaris S.A. y/o sus empresas afiliadas (“TENARIS”), o bien han sido otorgados a estas empresas bajo licencia.

Se prohíbe copiar, volver a copiar, reproducir, traducir, revelar, adaptar, modificar, distribuir a terceros o utilizar de otro modo el presente documento y toda la información que contiene, con cualquier fin, sin la autorización expresa previa por escrito de TENARIS.

TENARIS deslinda toda responsabilidad por cualquier pérdida, daño o lesión que pueda resultar del uso de la información incluida en el presente. Todos los derechos reservados”.