

Llog, s.a. de c.v.

Representante exclusivo en México de
GE Inspection Technologies

- Contenido -

1. Introducción al Ultrasonido
2. Propagación de la onda ultrasónica
3. Elementos de un sistema ultrasónico
4. Calibración del instrumento ultrasónico
5. Medición de espesores con el DMS2, DMS GO
6. Almacenamiento y registro de datos

- Contenido -

1. Propagación de la onda Ultrasónica

1.1 Definiciones y conceptos

1.2 Principios de Ultrasonido

1.3 Ventajas y limitaciones del método

1.4 Propiedades acústicas de los materiales

1.5 Tipos de ondas

1.6 Normatividad aplicable

- Definiciones y conceptos-

- Definiciones y conceptos-

1.1 Sonido

El **sonido** en física, es cualquier fenómeno que involucre la propagación en forma de ondas elásticas (sean audibles o no), generalmente a través de un fluido (u otro medio elástico) que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo.

- Vibraciones Mecánicas
- Medio elástico
- Frecuencia $>$ a 20 000 c/s o hz

- Definiciones y conceptos-

1.1 Definición de **Ultrasonido**

Son vibraciones mecánicas producidas por un oscilador que se transmiten en sólidos, líquidos o gases a una frecuencia mayor a los 20,000 c/s o Hertz, frecuencia que es superior a la perceptible por el oído humano.

- Vibraciones Mecánicas
- Medio elástico
- Frecuencia entre 16 y 20 000 c/s

- Definiciones y conceptos-

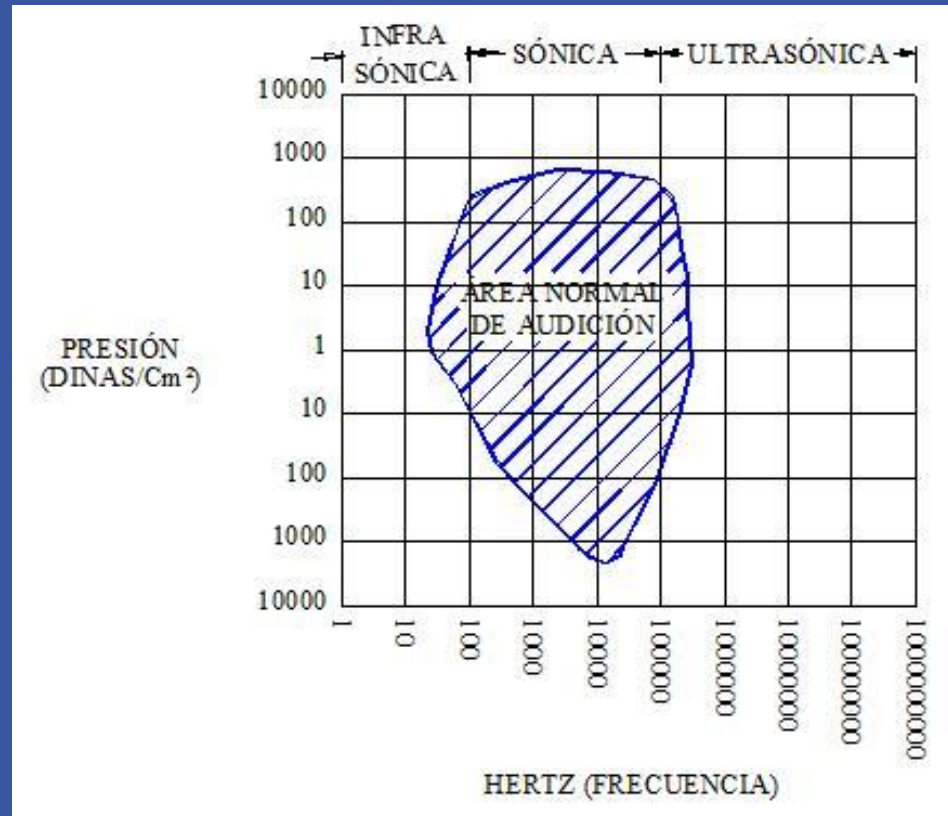
1.1 Espectro Acústico

Se puede dividir en tres zonas claramente definidas por la frecuencia:

- Zona Infra sónica de 1 a 16 Hz
- Zona Audible de $>$ a 16 y hasta 20 KHz
- Zona Ultra sónica $>$ a 20 KHz

- Definiciones y conceptos-

1.1 Espectro Acústico



- Definiciones y conceptos-

1.1 Inspección por **Ultrasonido**

Es un método de examinación no-destruktiva de tipo mecánico y volumétrico diseñado para detectar variaciones en la estructura interna de un material. Su interacción con los cambios de impedancia acústica determinará:

- Presencia o ausencia de discontinuidades
- El espesor de pared remanente
- Variaciones en la estructura interna del material

- Definiciones y conceptos-

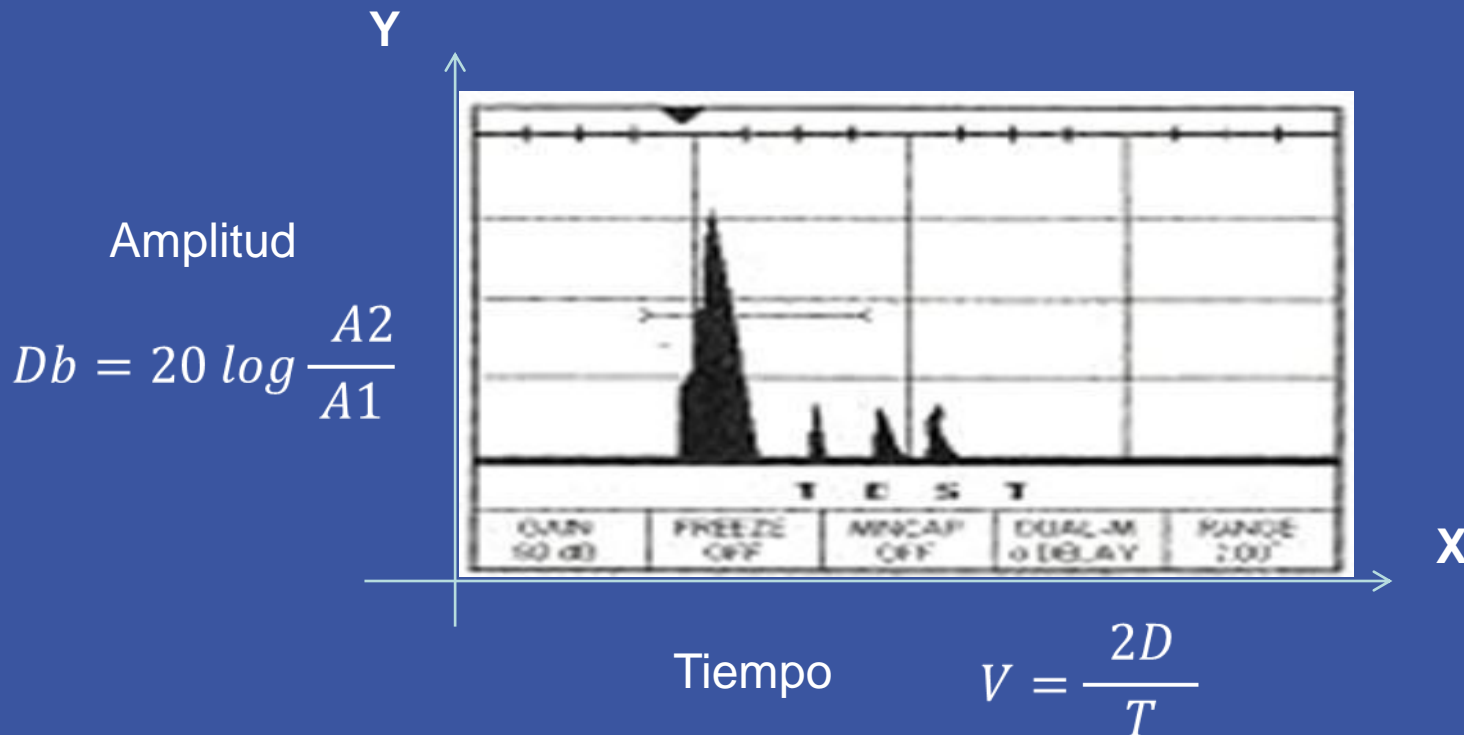
1.1 Aplicaciones Industriales

En la mayoría de las aplicaciones industriales del ultrasonido, se mide el tiempo de recorrido de la onda ultrasónica en un medio y la atenuación en la intensidad de la energía sónica.

- Detección y caracterización de discontinuidades
- Medición de espesores remanentes de pared
- Medición de características físicas

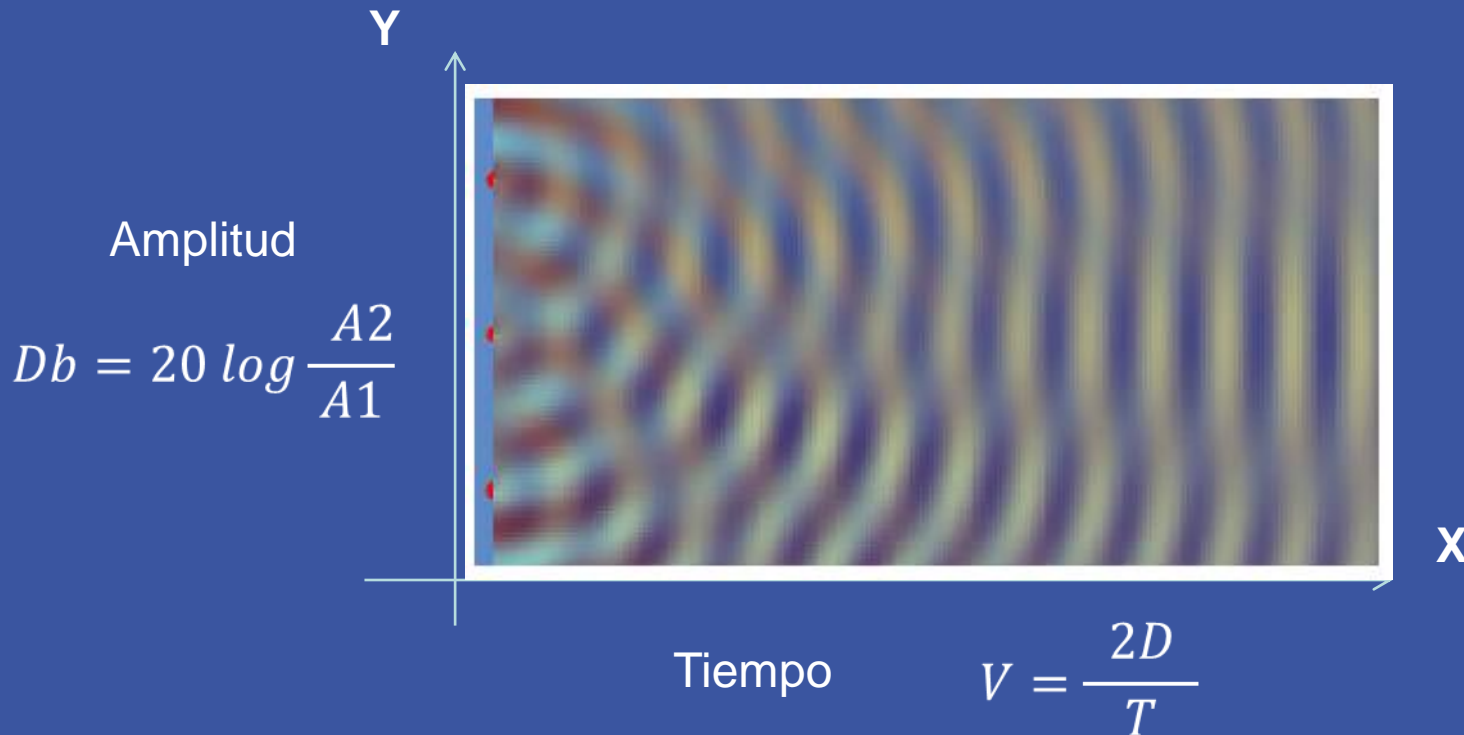
- Definiciones y conceptos-

1.1 Aplicaciones Industriales



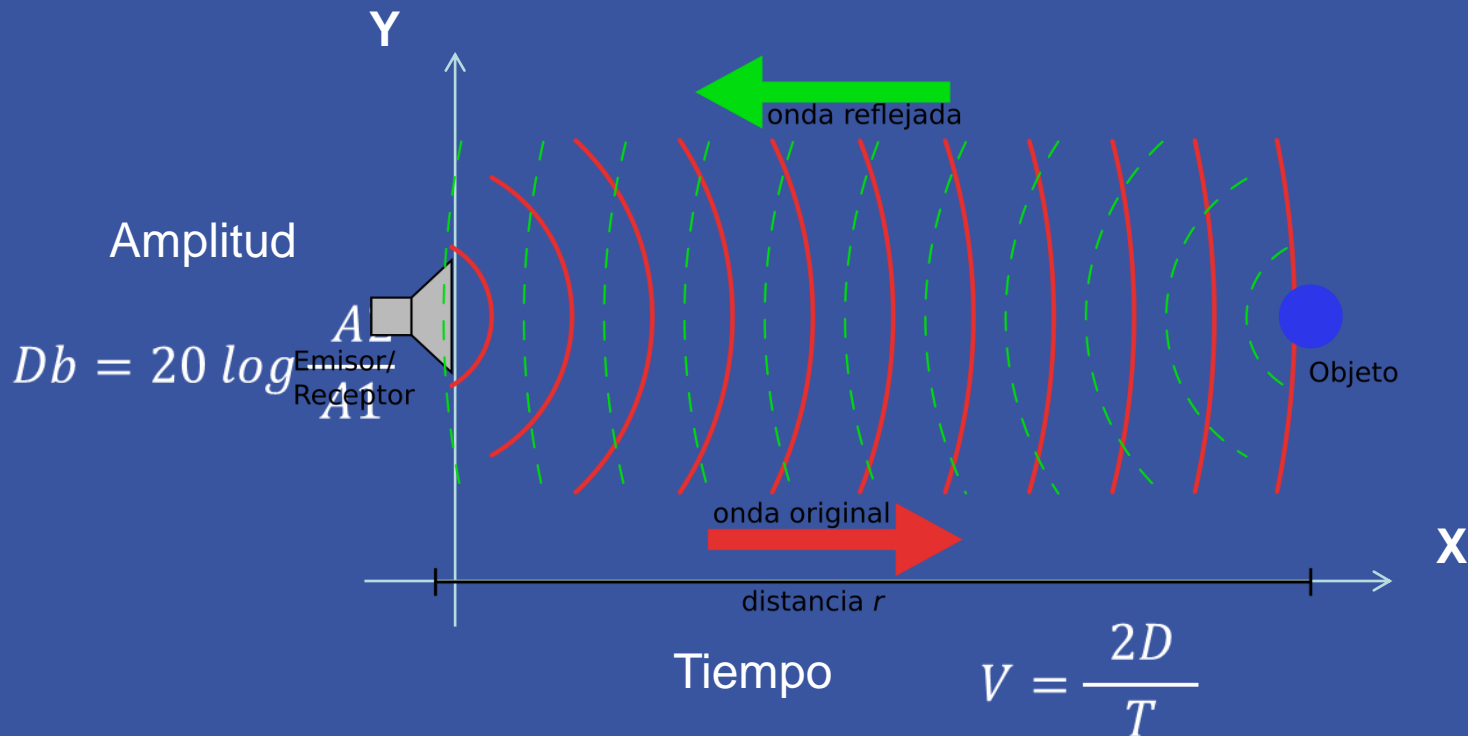
- Definiciones y conceptos-

1.1 Aplicaciones Industriales



- Definiciones y conceptos-

1.1 Aplicaciones Industriales



- Principios Físicos -

1.2 Principios físicos del Ultrasonido

Para entender el funcionamiento de la inspección por ultrasonido, es necesario conocer las definiciones de algunos conceptos que caracterizan a las ondas (movimiento ondulatorio) y su interacción con la materia.

- Longitud de Onda
- Frecuencia
- Velocidad de Propagación

- Principios Físicos -

1.2 Principios físicos del Ultrasonido

Frecuencia (F)

Se define como el número de veces que ocurre un evento repetitivo (ciclo) por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el ciclo/seg. (Hertz).

Velocidad de propagación (V)

Es la velocidad de transmisión a través de un medio en la dirección de propagación. Como regla general, el sonido se desplaza más rápidamente en los sólidos y en los líquidos que en los gases.

- Principios Físicos -

1.2 Principios físicos del Ultrasonido

Longitud de Onda (λ)

Es la distancia ocupada por una onda completa y es igual a la distancia a través de la cual se mueve la onda por período o por ciclo. Los parámetros de frecuencia, velocidad acústica y longitud de onda se interrelacionan por medio de la siguiente ecuación, misma que es válida para todos los tipos de ondas:

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

- Ventajas y Limitaciones -

1.3 Ventajas de la inspección por **Ultrasonido**

Las principales ventajas de la inspección por ultrasonido al compararlo con otros métodos de inspección volumétrica son:

- Proporciona gran penetración
- Ofrece gran sensibilidad
- Gran exactitud en la ubicación de discontinuidades
- Requiere un solo acceso
- No existe peligro
- Interpretación de resultados inmediata

- Ventajas y Limitaciones -

1.3 Limitaciones de la inspección por **Ultrasonido**

Las principales limitaciones de la inspección ultrasónica al compararla con otros sistemas de inspección volumétrica son:

- La operación requiere técnicos experimentados
- La inspección es difícil en piezas delgadas
- Se requiere un material de acoplamiento
- Se requieren patrones de calibración
- Subsuperficiales no podrán ser localizadas

- Propiedades acústicas -

1.4 Propiedades acústicas de los materiales

Material	Velocidad Longitudinal		Velocidad de Corte		Impedancia Acústica gr/cm ² μseg
	pulg/μseg	cm/μseg	pulg/μseg	cm/μseg	
Aceite de motor	0.069	0.174	—	—	0.151
Acero 1020	0.232	0.589	0.128	0.324	4.541
Acero 4340	0.230	0.585	0.128	0.324	4.563
Acero 316	0.23	0.58	0.12	0.31	4.6
Agua	0.058	0.148	—	—	0.148
Aire	0.013	0.033	—	—	0.00003
Aluminio	0.249	0.632	0.123	0.313	1.706
Babbit	0.091	0.23	—	—	2.32
Berlio	0.508	1.290	0.350	0.888	2.35
Bronce	0.14	0.35	0.088	0.22	3.13
Cobre	0.183	0.466	0.089	0.226	4.161
Estaño	0.131	0.332	0.066	0.167	2.420
Gasolina	0.049	0.13	—	—	0.10
Glicerina	0.076	0.192	—	—	0.242
Hierro	0.232	0.590	0.127	0.323	4.543
Hierro (Gris)	0.19	0.48	0.095	0.24	3.74
Hierro (Nodular)	0.22	0.56	—	—	—
Inconel	0.229	0.582	0.119	0.302	4.947
Latón	0.174	0.443	0.083	0.212	3.730
Lucita	0.106	0.268	0.050	0.126	0.316
Magnesio	0.23	0.58	0.12	0.30	1.06

- Modos o tipos de ondas -

1.5 Modos o tipos de onda

Las partículas de un medio en el que se propaga una onda ultrasónica experimentan diversos desplazamientos, lo que da lugar a diferentes tipos de ondas llamadas modos, están son:

- **Longitudinales** o de compresión
- **Transversales** o de corte
- **Superficiales** o de rayleigh
- **De Lamb** o de placa.

- Modos o tipos de ondas -

1.5 Longitudinales o de compresion

Se caracterizan porque:

- La vibración de las partículas del medio es paralela con respecto a la dirección de propagación de la onda.
- Se les conoce como ondas de compresión por las zonas en las que se encuentran cercanas entre sí las partículas del material.
- Se propagan a través de sólidos, líquidos y gases

- Modos o tipos de ondas -

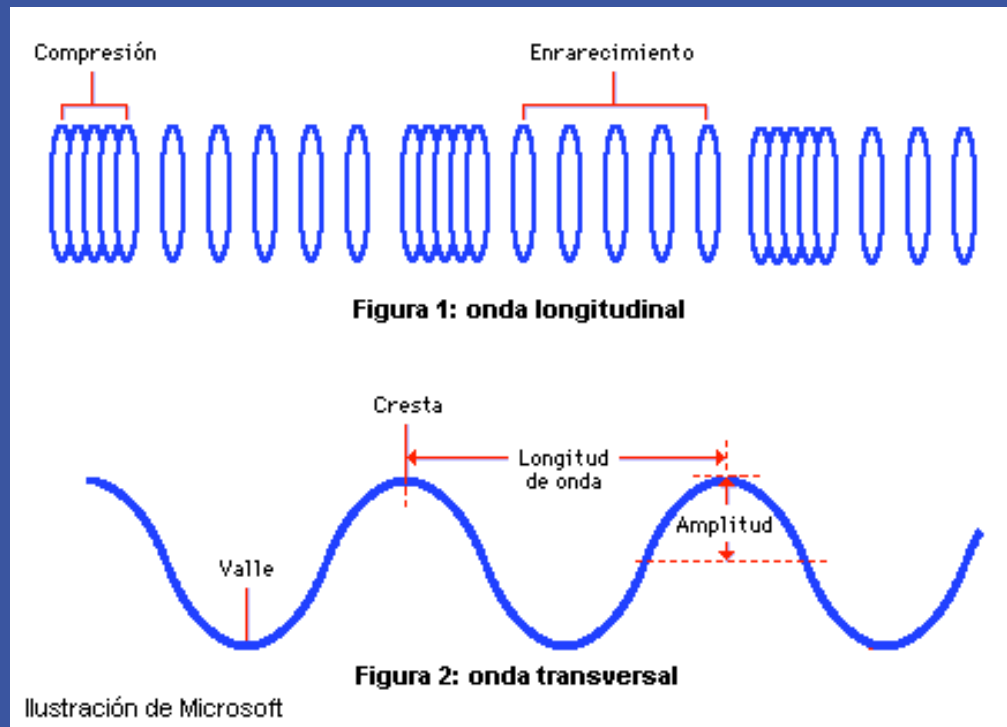
1.5 Longitudinales o de compresión

Se caracterizan porque:

- La vibración de las partículas del medio es paralela con respecto a la dirección de propagación de la onda.
- Se les conoce como ondas de compresión por las zonas en las que se encuentran cercanas entre sí las partículas del material.
- Se propagan a través de sólidos, líquidos y gases

- Modos o tipos de ondas -

1.5 Longitudinales o de compresión



- Modos o tipos de ondas -

1.5 Transversales o de corte

Se caracterizan porque:

- La vibración de las partículas es transversal o perpendicular con respecto a la dirección de propagación de la onda.
- Se propaga solamente a través de sólidos.
- Su velocidad es de aproximadamente la mitad de la velocidad de las ondas longitudinales.
- Son más sensibles que las ondas longitudinales.

- Modos o tipos de ondas -

1.5 Superficiales o de Rayleigh

Se caracterizan porque:

- El movimiento de las partículas, de la superficie o cercanas a ella, es “elíptico”.
- Sólo se propagan en sólidos.
- Su velocidad es de aproximadamente 90% de la velocidad de las ondas transversales.
- Se utilizan para la detección de discontinuidades superficiales.

- Normatividad -

1.6 Normatividad Aplicable

Los documentos que se muestran a continuación son algunos de los que establecen las reglas para la capacitación, calificación y certificación de personal en END (Ensayos No Destructivos):

- ANSI / ASNT CP-189
- SNT-TC-1^a
- ISO 9712
- NOM B-482

- Calificación del método -

Las PND deben llevarse a cabo de acuerdo con procedimientos de inspección escritos

- Calificación de personal -

El éxito de cualquier prueba no destructiva es afectado:

Principalmente por el personal que realiza, interpreta y/o evalúa la inspección

Los técnicos en PND deben estar calificados y certificados

-Administración del -proceso de Calificación -

Actualmente existen
dos programas aceptados para la
calificación y certificación del personal
que realiza P.N.D.,
además de uno nacional

-Administración del -proceso de Calificación -

- ◆ La Práctica Recomendada No. “SNT-TC-1A”, editada por ASNT.
- ◆ La Norma No. “ISO 9712”, editada por ISO.
- ◆ La Norma Mexicana No. “NOM-B-482”.

-Diferencias entre ISO y ASNT -

- ISO: Exige que el personal a cualquier nivel de calificación sea certificado por una agencia central nacional.
- SNT-TC-1A: Establece que la certificación es responsabilidad de la empresa contratante del individuo.

-Diferencias entre ISO y ASNT -

- SNT-TC-1A: Es una Práctica Recomendada que proporciona los lineamientos para el programa de calificación y certificación del personal de ensayos no destructivos de una empresa. Es emitida por la ASNT.
- ASNT: American Society For Nondestructive Testing (Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos).

- Calificación -

- Es el cumplimiento documentado de requisitos de:
Escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (teóricos, prácticos y físicos),
establecidos en el programa escrito de la empresa (SNT-TC-1A), o norma nacional (ISO 9712)
- Existen tres niveles básicos de calificación, los cuales pueden ser subdivididos por la empresa para situaciones en las que se necesiten niveles adicionales para trabajos y responsabilidades específicas.

- Niveles de Calificación – - Nivel I -

- Esta 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 el registro de resultados.
- Debe recibir la instrucción o supervisión necesaria de un individuo certificado como nivel III o su designado.

- Niveles de Calificación – - Nivel II -

- Esta calificado para ajustar y calibrar el equipo y para interpretar y evaluar los resultados de prueba con respecto a códigos, normas y especificaciones. Esta 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.

- Niveles de Calificación – - Nivel III -

- Esta 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 inspección.
- Cada curso de capacitación debe ser preparado o aprobado por un nivel III. El personal puede ser ascendido directamente al nivel II siempre que la capacitación sea efectuada en el tiempo equivalente a la suma del tiempo requerido para los niveles I y II.

- Experiencia practica -

No se puede certificar personal que no tenga experiencia práctica en PND

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

Esta experiencia debe ser demostrada documentalmente y mantenida en archivos para su verificación

38 de 44

- Exámenes Físicos -

Tienen la finalidad de demostrar que el personal que realiza las P.N.D. es apto para observar correctamente las indicaciones obtenidas.

Los exámenes que se requieren son:

- ◆ Agudeza visual lejana
- ◆ Agudeza visual cercana
- ◆ Discriminación cromática

- Exámenes -

Los exámenes administrados para calificación de personal nivel I y II consisten de:

- ▶ Un examen general
- ▶ Un examen específico
- ▶ Un examen práctico

La calificación mínima considerada como aprobatoria, de cada examen, es de 70%. Además, el promedio simple mínimo de la calificación de los tres exámenes es de 80%.

40 de 44

- Certificación -

- ◆ La certificación es el testimonio escrito de la calificación.
- ◆ La certificación del personal de pruebas no destructivas de todos los niveles es responsabilidad de la empresa que lo contrata (SNT-TC-1A) o de una agencia central certificadora (ISO 9712).
- ◆ La certificación del personal debe estar basada en la demostración satisfactoria de los requisitos de calificación.

- Registros de certificación -

Los registros de certificación del personal deben ser mantenidos por la empresa en un expediente personal y deberían contener:

- ◆ Nombre del personal certificado,
- ◆ Nivel de certificación y método(s),
- ◆ Nivel máximo de estudios y tiempo de experiencia,
- ◆ El establecimiento del cumplimiento satisfactorio del entrenamiento de acuerdo con el programa,
- ◆ Resultados de los exámenes físicos para el periodo de certificación vigente,

- Registros de certificación -

- ◆ Copia(s) de los exámenes o evidencia del cumplimiento de los exámenes,
- ◆ Otras evidencias de las calificaciones cuando sean empleadas para la exención de los exámenes,
- ◆ Evidencia de las calificaciones finales,
- ◆ Firma del nivel III que ha verificado la calificación del candidato,
- ◆ Fecha de certificación y/o recertificación,
- ◆ Fecha en la que expira la certificación,
- ◆ Fecha de inicio de actividades en P.N.D.,
- ◆ Firma de la autoridad certificadora de la empresa.

- Duración de la certificación -

La certificación tiene validez temporal únicamente.

ISO y ASNT establecen un periodo de vigencia de la certificación de:

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

- Recertificación -

Todo el personal de P.N.D. debe ser recertificado de acuerdo con uno de los siguientes criterios:

- (A) Evidencia de continuidad laboral satisfactoria en Pruebas no Destructivas.
- (B) Reexaminación.