

# ***ULTRASONIDO INDUSTRIAL BASICO***

## ***UT NIVEL I***



Relator:

**Ing. PEDRO PARRA R.**

*Manager NDT*

*UT-Nivel III*

*NAS410/SNT-TC-1A*



---

***P&C Tecnología.***

***Especialistas en Ensayos Ultrasónicos***

E-Mail: [ndt@pyctecnologia.cl](mailto:ndt@pyctecnologia.cl) Fono: 56 – 41 –2 851354 Fax: 56 – 41 –2 851356 Granada # 93 Vilumanque CONCEPCION- CHILE



# **ULTRASONIDO INDUSTRIAL BASICO – Nivel I.”**

## **TEMARIO**

### **1. INTRODUCCION A LOS ENSAYOS ULTRASONICOS:**

- ASPECTOS HISTORICOS
- APLICACIONES
- VENTAJAS
- RESPONSABILIDADES DE LOS NIVELES DE CERTIFICACION

### **2. PRINCIPIOS BASICOS DE ACUSTICA:**

- ONDAS ULTRASONICAS
- MODOS DE ONDA
- PROPIEDADES ACUSTICAS
- ATENUACION
- RESOLUCION
- IMPEDANCIA ACUSTICA
- INCIDENCIA NORMAL
- INCIDENCIA OBLICUA

### **3. EQUIPAMIENTO ULTRASONICO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS INDUSTRIALES:**

- MEDIDORES DE ESPESORES DE CORROSION
- MEDIDORES DE ESPESORES DE PRECISION
- DETECTORES DE FALLAS
- INSTRUMENTACION ULTRASONICA
- EQUIPOS SCANNER

### **4. TRANSDUCTORES ULTRASONICOS:**

- TIPOS Y CONSTRUCCION DE TRANSDUCTORES
- SELECCIÓN DE TRANSDUCTOR
- TEORIA DE TRANSDUCTORES (EFECTO PIEZO-ELECTRICO, TIPOS DE CRISTALES, FRECUENCIA, CAMPO CERCANO, CAMPO LEJANO, DIVERGENCIA DEL HAZ, CARACTERISTICAS DE INTENSIDAD DEL HAZ, SENSIBILIDAD, RESOLUCION, AMORTIGUAMIENTO, VIBRACION MECANICA DENTRO DEL MATERIAL)

### **5. METODOS Y TECNICAS DE ENSAYOS:**

- METODOS: CONTACTO DIRECTO E INMERSION
- TECNICAS: PULSO-ECO, EMISOR Y RECEPTOR SEPARADOS, TECNICA PITCH-ATCH

### **6. CALIBRACION DE TRANSDUCTORES:**

- BLOQUES DE REFERENCIA
- TRANSDUCTORES NORMALES
- TRANSDUCTORES ANGULARES
- TRANSDUCTORES DOBLE CRISTAL
- TRANSDUCTORES DE INMERSION

### **7. DETECTABILIDAD Y METODOS DE EVALUACION:**

- TAMAÑO DE LA DISCONTINUIDAD
- ORIENTACION
- RELACION SEÑAL-RUIDO
- METODO DE EVALUACION POR COMPARACION CON REFLECTORES DE REFERENCIA

- METODO DE EVALUACION POR CAIDA DE AMPLITUD **REGISTRO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS:**
- CREACION DE ARCHIVOS
- CREACION DE CODIGOS IDENTIFICADORES (ID)
- CREACION DE BASE DE DATO.

**8. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:**

- CODIGOS Y NORMAS.
- CODIGO PARA SOLDADURASESTRUCTURALES ANSI/AWWS D 1.1, PARTE F.
- ASTM A435 Ed. 199, ESPECIFICACIONES NORMALIZADA PARA EL EXAMEN ULTRASONICO CON HAZ RECTO DE PLACAS DE ACERO.
- PRACTICAS DE INSPECCION
- DEFINICIONES DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.



## Tabla de contenido

1.- INTRODUCCION.....	7
ASPECTOS HISTORICOS.....	7
APLICACIONES.....	8
VENTAJAS.....	8
2.- PRINCIPIOS DE LA INSPECCION ULTRASONICA.....	10
INSPECCION ULTRASONICA.....	10
SISTEMA DE INSPECCION.....	11
3.- PRINCIPIOS BASICOS.....	12
DEFINICION.....	12
ONDA ULTRASONICA.....	13
MODOS DE ONDA.....	15
ONDAS LONGITUDINALES.....	16
ONDAS TRANSVERSALES.....	16
ONDAS SUPERFICIALES.....	17
4.- METODOS Y TECNICAS DE INSPECCION.....	18
ACOPLANTES.....	18
METODOS DE ACOPLAMIENTO.....	18
METODOS DE INSPECCION.....	18
METODO DE CONTACTO.....	19
INMERSIÓN.....	19
5.- TECNICAS DE INSPECCION.....	20
TECNICA PULSO – ECO.....	20
TECNICA PITCH - CATCH.....	20
TECNICA EMISOR Y RECEPTOR.....	21
6.- PRESENTACION DE DATOS.....	22
BARRIDO TIPO “A” (A-SCAN).....	22
BARRIDO TIPO “B” (B-SCAN).....	23
BARRIDO TIPO “C” (C-SCAN).....	24
.....	24
7.- CALIBRACION.....	25

CALIBRACION DEL EQUIPO.....	25
8.- BLOQUES.....	26
9.- DETECTABILIDAD.....	28
TAMAÑO DE LA DISCONTINUIDAD.....	28
ORIENTACION.....	29
RELACION SEÑAL – RUIDO.....	30
10.- ATENUACION.....	30
DIVERGENCIA DEL HAZ.....	31
DISPERSION DEL MEDIO.....	31
ABSORCION.....	32
DIFRACCION.....	32
11.- SENSIBILIDAD.....	32
12.- RESOLUCION.....	33
13.- IMPEDANCIA ACUSTICA.....	33
14.- REFLEXION.....	33
15.- INCIDENCIA NORMAL.....	35
16.- REFRACCION.....	37
17.- CONVERSION DE MODO .....	37
18.- INCIDENCIA OBLICUA.....	38
1er. ANGULO CRITICO.....	39
2do. ANGULO CRITICO.....	40
19.- TRANSDUCTORES.....	41
HAZ RECTO DE CONTACTO.....	42
HAZ ANGULAR DE CONTACTO.....	42
DOBLE CRISTAL DE CONTACTO.....	43
INMERSION.....	43
20.- SELECCIÓN DEL TRANSDUCTOR.....	44
EFECTO PIEZO ELECTRICO DIRECTO.....	45
EFECTO PIEZOELECTRICO INVERSO.....	45
CRISTALES PIEZOELECTRICOS.....	45
ANCHO DE BANDA.....	46
BANDA ANCHA.....	47
BANDA ANGOSTA.....	48
AMORTIGUAMIENTO.....	48
21.- CARACTERISTICAS DEL HAZ ULTRASONICO.....	49

HAZ ULTRASONICO.....	49
22.- METODOS DE EVALUACION.....	53
METODOS DE EVALUACION.....	53
CURVA “DAC”.....	53
CONSTRUCCION DE LA CURVA “DAC”.....	54
Método de evaluación por caída de amplitud o de discontinuidades mayores.....	55
23.- INFORMACION COMPLEMENTARIA.....	57
Selección del Transductor.....	57
.....	63
A1.- CODIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES.....	64
A2.-ASME SECCION VIII .....	68
APENDICE 12.....	68
A3.- ASME SECCION V .....	69
ARTICULO 5.....	69
A4.-NORMA ASTM .....	70
A609/A609M.....	70
A5.-TECNICAS DE IDENTIFICACION, DETECCION Y TAMAÑO DE GRIETAS.....	71

# **1.- INTRODUCCION**

## **OBJETIVO:**

Al finalizar el curso, el técnico estará capacitado para desarrollar una inspección no destructiva en forma independiente.

Conocerá los principios básicos de la prueba por ultrasonido, podrá seguir los pasos especificados en un procedimiento escrito y realizar la inspección que cumpla los requisitos especificados.

## **SISTEMA DE INSPECCION**

El arreglo y diseño de los componentes básicos de un sistema de inspección depende, en primer lugar, de las características específicas de propagación de la onda ultrasónica al ser utilizada en la inspección, y pueden incluir a:

- 1.- **La geometría de propagación de la onda.**
- 2.- **La geometría del haz ultrasónico.**
- 3.- **Transferencia de la energía ultrasónica** (reflexión, refracción o conversión de modo).
- 4.- **Períodos de energía** (Dispersión, absorción)

## **ASPECTOS HISTORICOS**

La investigación en ondas sonoras de alta frecuencia comienza en el siglo XIX.

En el siglo XX la posibilidad de utilizar ondas ultrasónicas para realizar pruebas no destructivas fue reconocida en 1930 en Alemania por Mulhauser, Trost y Pohlman en Rusia por Sokoloff, quienes investigaron varias técnicas empleando ondas continuas.

Posteriormente, Firestone en E.U.A. descubre un método práctico de inspección al inventar un aparato empleando ondas ultrasónicas pulsadas y en el mismo periodo Sproule en Inglaterra desarrolla equipos de inspección ultrasónica.

## **ACONTECIMIENTOS HISTORICOS**

- 1929 Sokolov propone el uso del ultrasonido para la detección de fallas.
- 1937 Sokolov inventa el tubo de imágenes ultrasónicas.
- 1937 Los hermanos Dussik intentan obtener una imagen médica con ultrasonido.
- 1940 Firestone en U.S.A. y Sproule en Inglaterra descubren la prueba no destructiva por medio de ultrasonido por la técnica pulso – eco.
- 1945 Se descubren los cerámicos piezoeléctricos.
- 1948 Se inicia el estudio extensivo de imágenes ultrasónicas en medicina en U.S.A.

## **APLICACIONES**

Ya que la inspección por ultrasonido es básicamente un fenómeno mecánico, es adaptable para determinar la integridad estructural de los materiales de ingeniería.

Se utiliza en el control de calidad e inspección de materiales en diferentes ramas de la industria.

Sus principales aplicaciones consisten en:

- Detección y caracterización de discontinuidades;
- Medición de espesores, extensión y grado de corrosión;
- Determinar características físicas como: tamaño de grano, constantes elásticas y estructura metalúrgica.
- Características de enlace entre dos materiales.

## **VENTAJAS**

- Proporciona gran poder de penetración, lo que permite la inspección de grandes espesores;
- Se tiene gran sensibilidad, ya que se pueden detectar discontinuidades extremadamente pequeñas;
- Gran exactitud para determinar la posición, estimar el tamaño, orientación y forma de discontinuidades;
- Se necesita una sola superficie de acceso;
- La interpretación de los resultados es inmediata;
- No existe peligro o riesgo en su aplicación;
- La portabilidad de los equipos;
- Los equipos actuales tienen la capacidad de almacenar información en memoria.

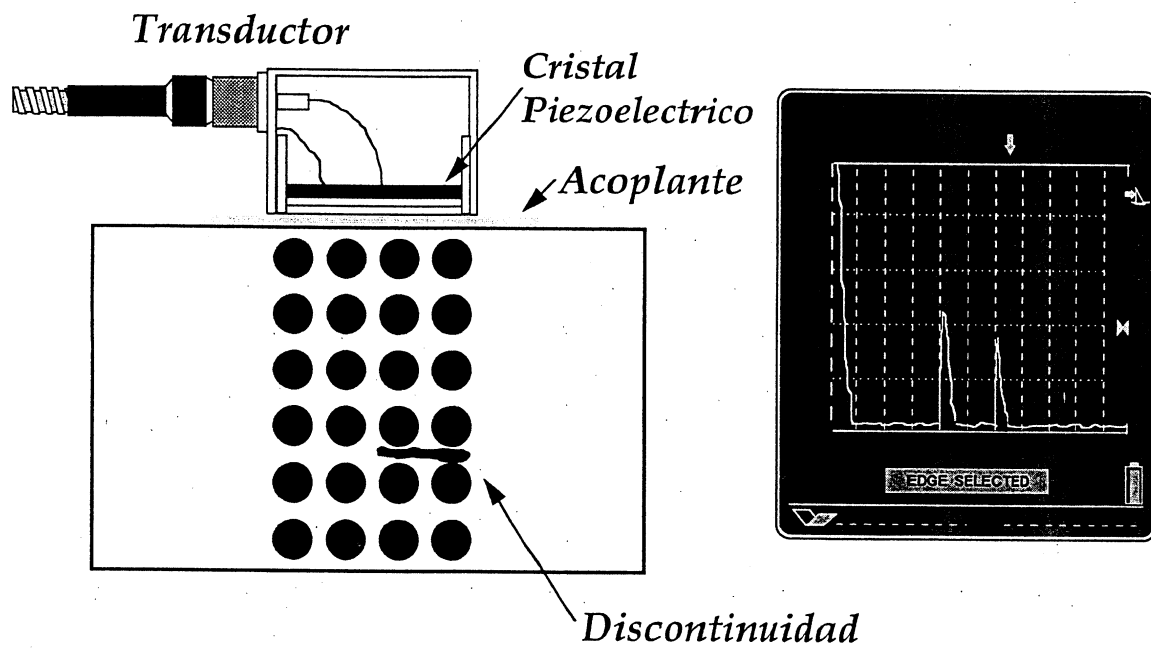
## **LIMITACIONES**

- La operación del equipo y la interpretación de los resultados requiere técnicos experimentados;
- Se requiere gran conocimiento técnico para el desarrollo de los procedimientos de inspección;
- La inspección se torna difícil en superficies rugosas o partes de forma irregular, en piezas pequeñas o delgadas;
- Discontinuidades subsuperficiales pueden no ser detectadas;
- Durante la inspección es necesario el uso de un material acoplante;
- Se necesitan patrones en la calibración del equipo y caracterización de discontinuidades.

## 2.- PRINCIPIOS DE LA INSPECCION ULTRASONICA

### INSPECCION ULTRASONICA

La inspección por ultrasonido se realiza básicamente por el método en el cual: **la onda ultrasónica se transmite y se propaga dentro de una pieza hasta que es reflejada y regresa al transmisor proporcionando información de su recorrido.**

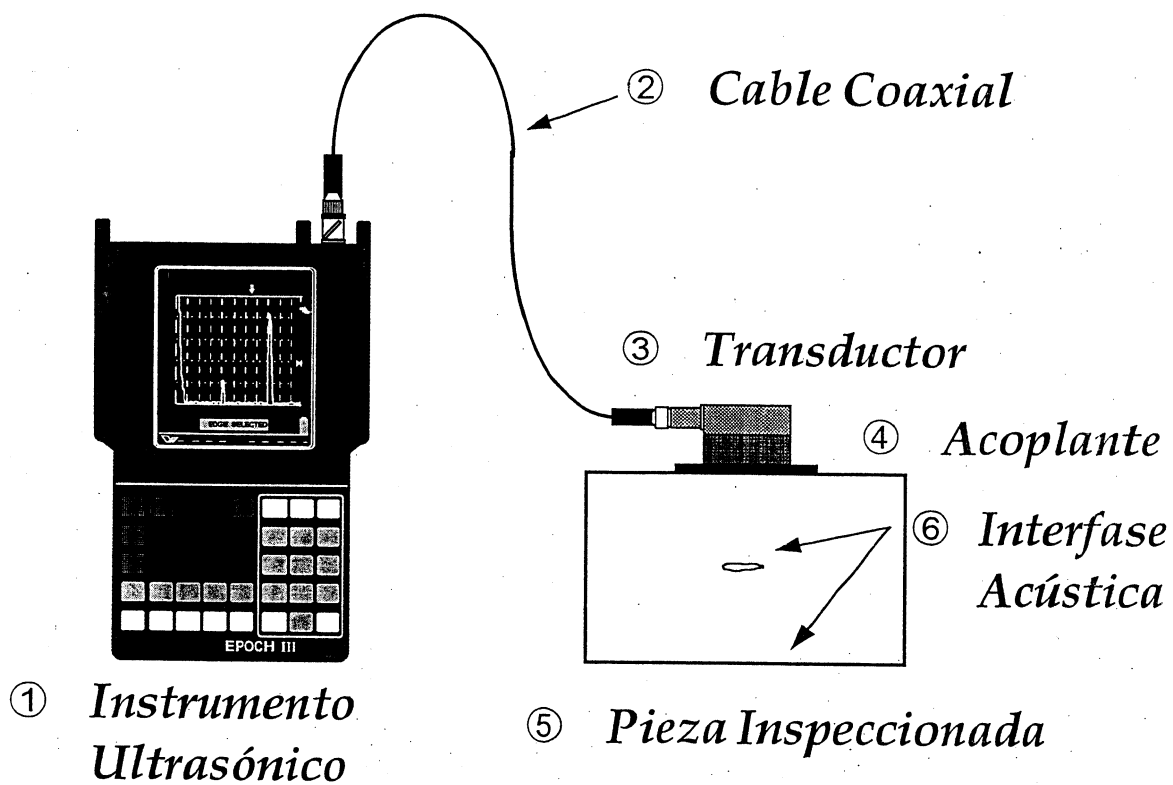




## SISTEMA DE INSPECCION

**Sistema de Inspección ultrasónica.** Está constituido por los siguientes Componentes Básicos:

- 1.- Generador de la señal eléctrica, **Instrumento Ultrasónico.**
- 2.- Conductor de la señal eléctrica, **Cable coaxial.**
- 3.- Elemento transmisor – receptor, **Transductor.**
- 4.- Medio para transferir la energía acústica a la pieza y viceversa, **Acoplante acústico.**
- 5.- **Pieza inspeccionada.**
- 6.- Superficie que refleje la energía ultrasónica, **Interfase Acústica** (Discontinuidad o Pared Posterior)



### 3.- PRINCIPIOS BASICOS

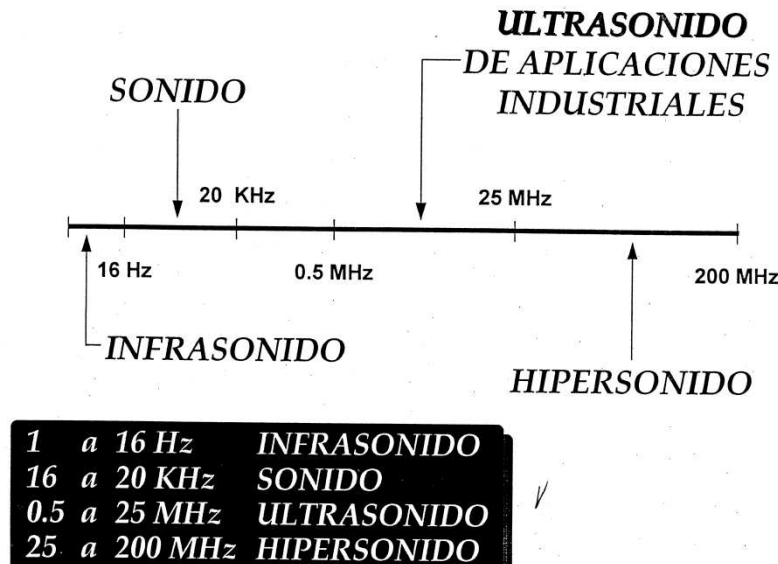
#### DEFINICION

**Sonido:** Ondas mecánicas que se propagan a través de sólidos, líquidos y gases, con un rango de frecuencias de 16 a 20,000 hertz. La facilidad con la cual viaja el sonido depende de su frecuencia y la naturaleza del medio.

**Ultrasonido:** Ondas mecánicas con frecuencias mayores al límite superior del rango audible.

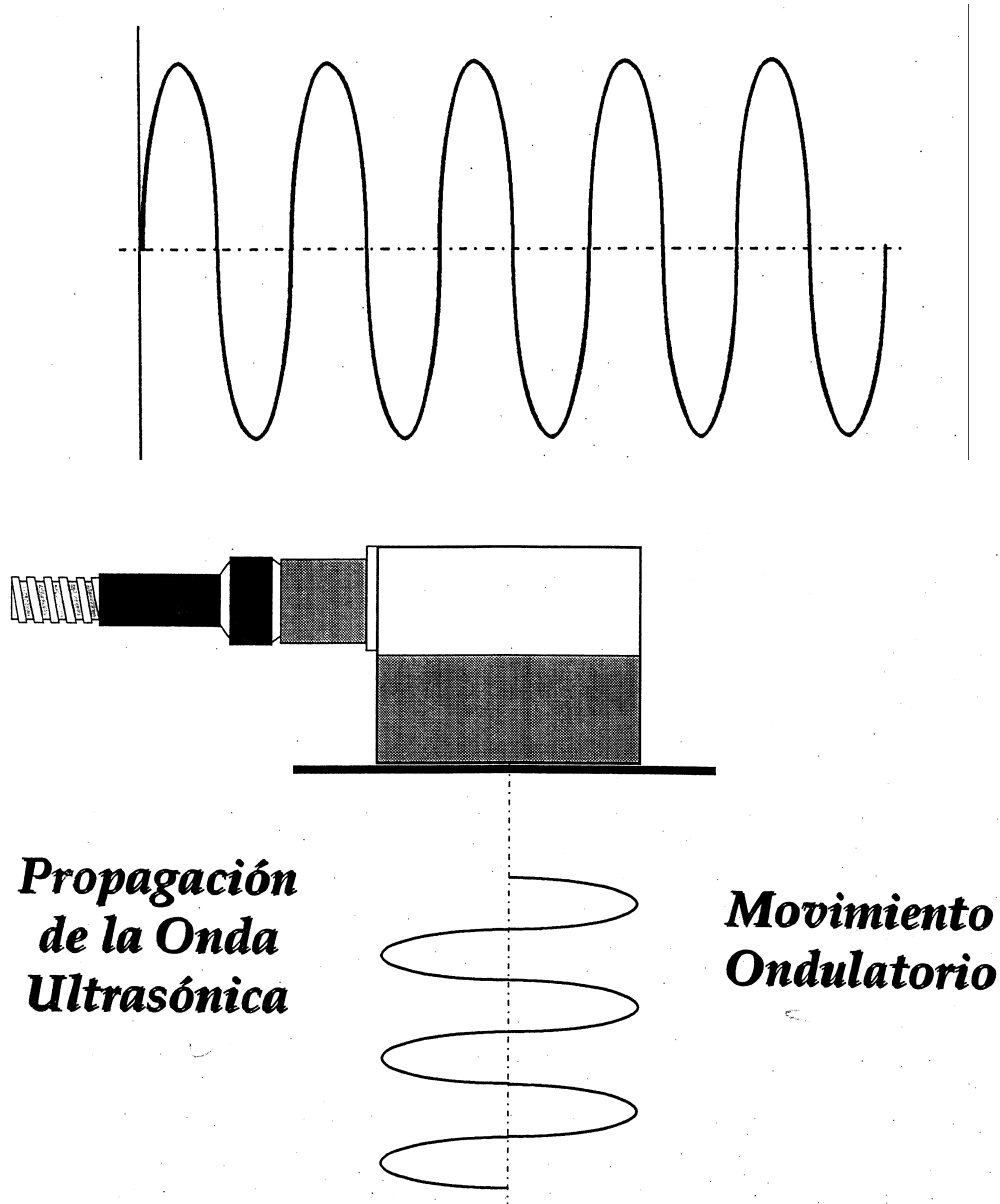
A tales frecuencias y gracias a su energía el ultrasonido es utilizado para rastrear el volumen de un material.

Un haz ultrasónico cumple con algunas reglas físicas de óptica por lo que es reflejado, refractado y difractado.



## ONDA ULTRASONICA

La propagación del ultrasonido está caracterizada por vibraciones periódicas de los átomos o partículas representadas por un movimiento ondulatorio.



Las características de la onda ultrasónica son:

- Longitud de onda
- Frecuencia
- Velocidad

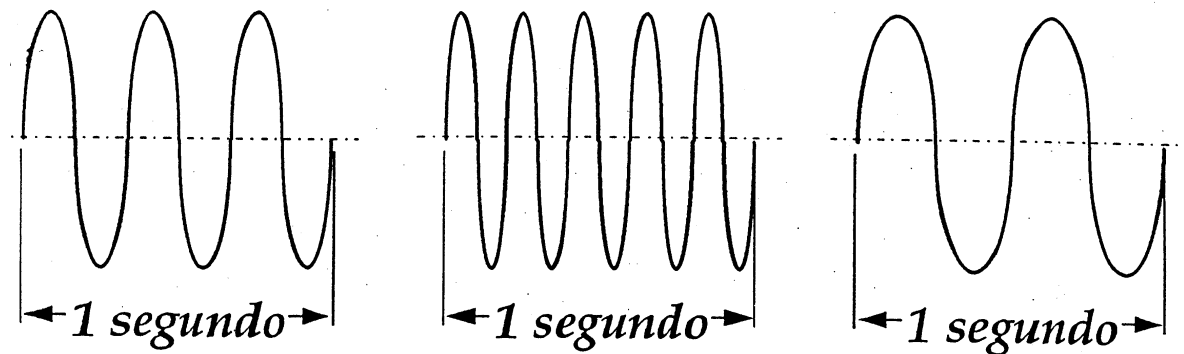
**Longitud de onda:** Distancia de viaje de un ciclo; distancia desde un punto en el siguiente ciclo. Se identifica con la letra “ $\lambda$ ”.

La longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

**Frecuencia:** Número de ciclos completos que pasan por un punto en la unidad de tiempo, normalmente, un segundo.

Se identifica con la letra “ $f$ ”



1 Ciclo/seg = 1 Hertz (Hz)

1,000 Ciclos /seg = 1 Kiloherztz = 1 KHz

1,000,000 Ciclos /seg = 1 Megahertz = 1 MHz

**Velocidad Acústica:** Distancia de viaje por tiempo, o rapidez del movimiento ondulatorio.

Se identifica con la letra “ $v$ ” o “ $C$ ”

La velocidad del sonido depende de:

- Las constantes elásticas del medio
- La densidad del medio
- La temperatura , y
- El modo de onda

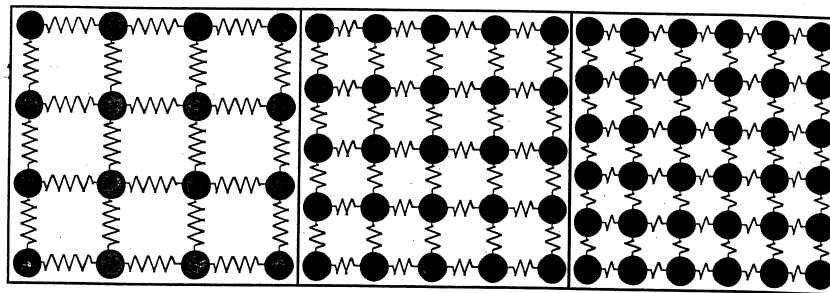
*Para las ondas longitudinales la velocidad es:*

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}$$

*Para las ondas transversales la velocidad es:*

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1 + \mu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

La Velocidad de propagación del ultrasonido cambia en medios diferentes.



**AIRE**  
**(GAS)**

**AGUA**  
**(LIQUIDO)**

**ACERO**  
**(SOLIDO)**

## MODOS DE ONDA

La energía ultrasónica se propaga por medio de vibración de las partículas del material.

La dirección en la que vibran las partículas con respecto a la dirección de propagación de la onda ultrasónica depende del **Modo de Onda**.

Las formas de propagación de ondas son:

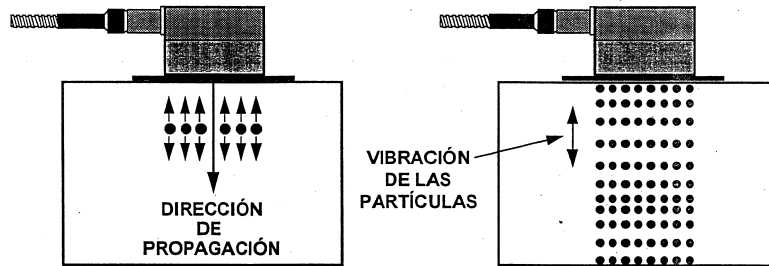
- Ondas longitudinales o de compresión
- Ondas transversales o de corte
- Ondas superficiales o de Rayleigh
- Ondas de placa o de Lamb

## ONDAS LONGITUDINALES

También llamadas “Ondas de Comprensión”.

La vibración de las partículas del medio es “PARALELA” con respecto a la dirección de propagación de la onda.

Esta forma de onda puede propagarse a través de sólidos y líquidos.

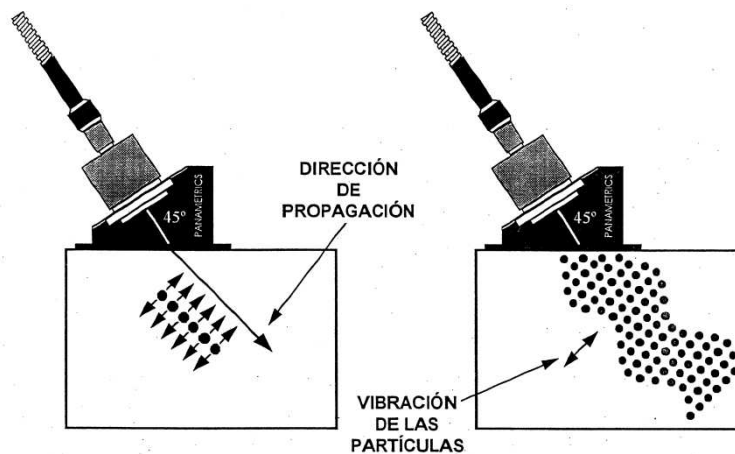


## ONDAS TRANSVERSALES

También llamadas “Ondas de Corte”. La vibración de las partículas del medio es “PERPENDICULAR” con respecto a la dirección de propagación de la onda.

Esta forma de onda se propaga solamente a través de sólidos.

Su velocidad es de aproximadamente la mitad de la velocidad de las ondas longitudinales.



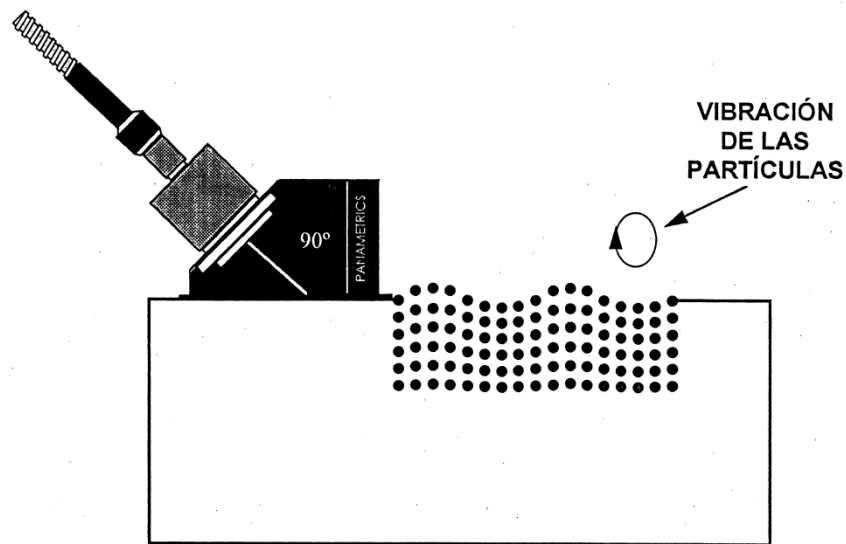
## ONDAS SUPERFICIALES

También conocidas como “Ondas de Rayleigh”. 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.

Adecuadas para detectar discontinuidades superficiales. Su energía decae rápidamente debajo de la superficie hasta una profundidad de aproximadamente una longitud de onda.





## **4.- METODOS Y TECNICAS DE INSPECCION**

### **ACOPLANTES**

Para realizar satisfactoriamente la transmisión del sonido desde el transductor a la pieza de prueba es necesario eliminar el aire atrapado en el espacio entre las superficies de ambos, por lo cual se requiere del uso de un medio conocido como “Acoplante”.

Los materiales usados como acoplantes, son:

Aceites con varios grados de viscosidad, glicerina, pastas especiales, goma de celulosa, agua, grasa y en algunas aplicaciones especializadas se ha llegado a utilizar láminas de elastómeros.

**Humectabilidad** : Ayuda al acoplante a “mojar” la superficie del transductor y de la pieza de prueba.

**Viscosidad** : Permite al acoplante mantenerse sobre la superficie y evita que se escurra.

**Costo** : La facilidad de adquisición.

**Remoción** : Residuos fácil de eliminar.

**No corrosivos** : Evitar agrietamiento por corrosión, por la presencia de contaminantes.

**Toxicidad** : Evitar que el personal técnico sufra de intoxicación por el manejo.

**Atenuación** : Evitar que existan pérdidas de la energía de la onda ultrasónica en el acoplante; e

**Impedancia acústica** : Similar a los materiales inspeccionados para que sea transmitida la mayor energía.

### **METODOS DE ACOPLAMIENTO**

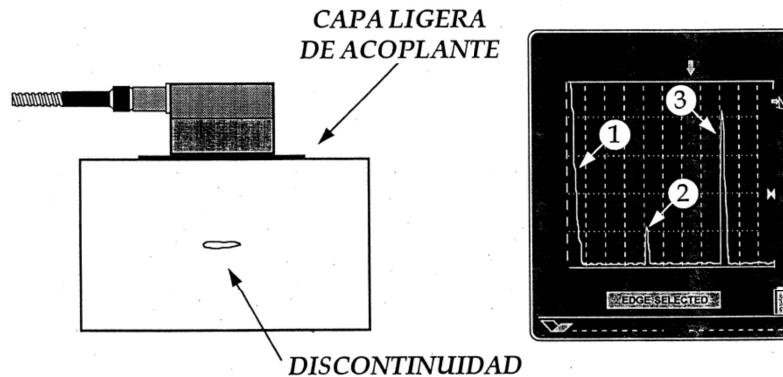
### **METODOS DE INSPECCION**

Existen básicamente dos métodos de acoplamiento:

#### **CONTACTO**

El transductor se coloca directamente sobre la superficie de la pieza y se utiliza una película ligera de acoplante.

## METODO DE CONTACTO

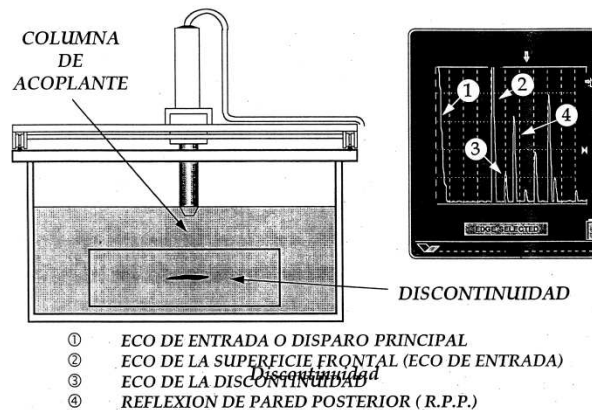


- ① ECO DE ENTRADA O DISPARO PRINCIPAL
- ② ECO DE LA DISCONTINUIDAD
- ③ REFLEXION DE PARED POSTERIOR (R.P.P.)

## INMERSIÓN

Cuando el transductor está separado de la superficie de la pieza inspeccionada por una columna de acoplante, normalmente agua. Existen dos situaciones prácticas, tanto el transductor como la pieza prueba se sumergen en el acoplante, o solamente el transductor se encuentra sumergido en el acoplante utilizando algún accesorio.

La mayoría de inspecciones se llevan a cabo utilizando sistemas automáticos.



- 1.- Eco de entrada o disparo principal
- 2.- Eco de la superficie frontal (Eco de entrada)
- 3.- Eco de la discontinuidad
- 4.- Reflexión de pared posterior (R.P.P.)

## **5.- TECNICAS DE INSPECCION**

Las inspecciones por ultrasonido se realizan con la “Técnica Pulso – Eco”.

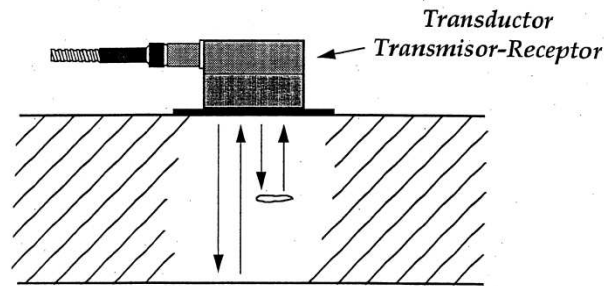
Esta técnica consiste en enviar un **pulso** acústico que viaja a través del medio hasta que un cambio en la impedancia acústica (por la presencia de una discontinuidad o cualquier interface acústica) provoca que sea **reflejado** para que posteriormente sea recibido.

Dicho reflejo contiene información sobre la distancia recorrida por el pulso y la intensidad de la presión acústica en ese punto reflector.

Existen tres modos de inspección:

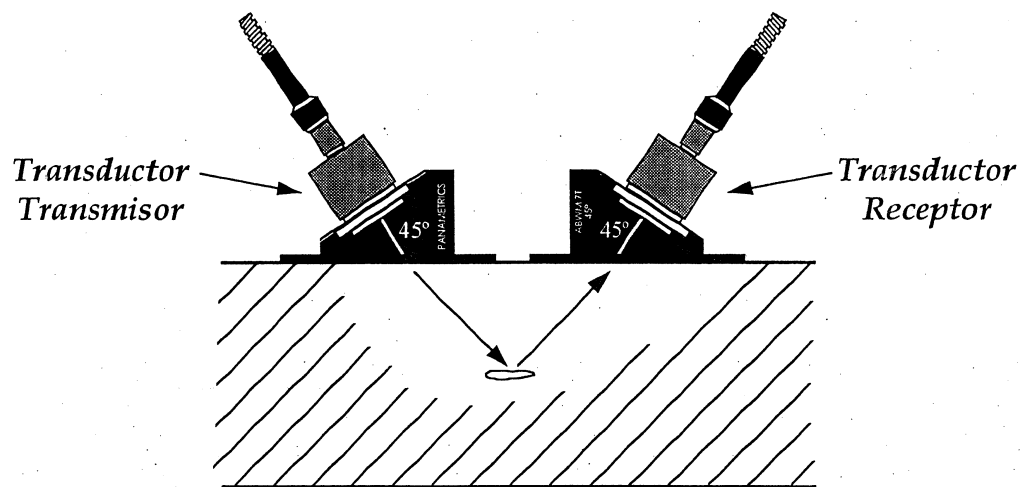
### **TECNICA PULSO – ECO**

Se utiliza un solo transductor que envía y recibe el pulso (transmisor – receptor), por lo que requiere acceso a una sola superficie.



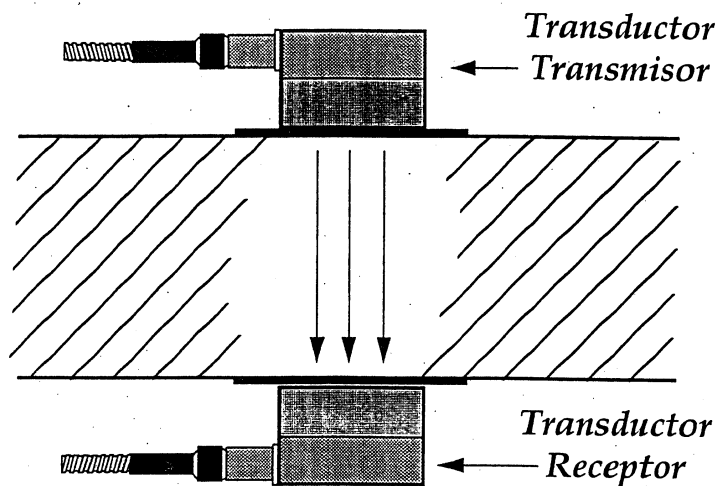
### **TECNICA PITCH - CATCH**

Se utilizan dos transductores, uno envía el pulso y el otro lo recibe (un transmisor y un receptor), ambos transductores se localizan en una superficie .



## TECNICA EMISOR Y RECEPTOR

También se utiliza un transmisor y un receptor, sólo que en este caso se encuentran localizados en superficies opuestas.



## **6.- PRESENTACION DE DATOS**

### **BARRIDO TIPO “A” (A-SCAN)**

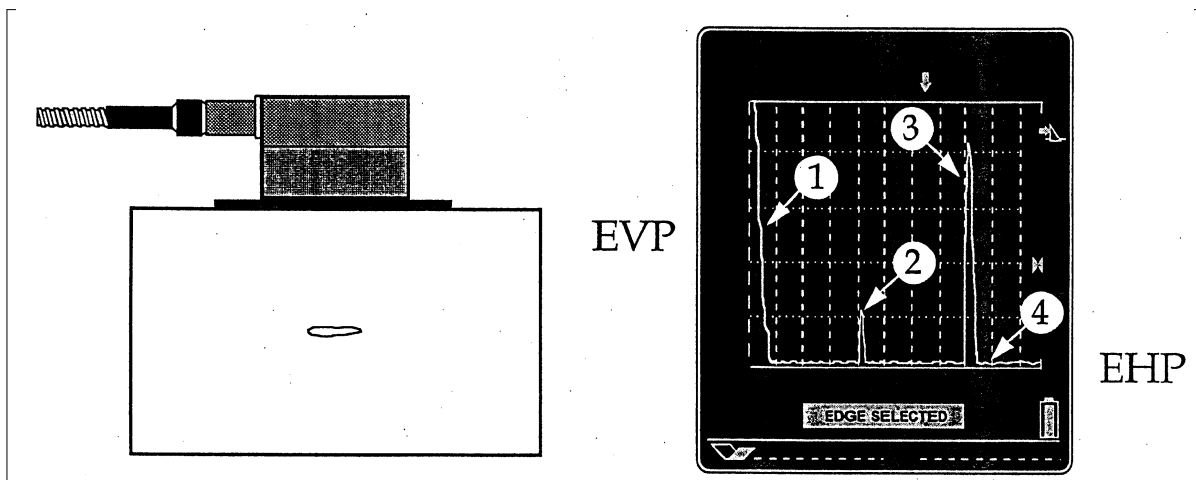
Este tipo de barrido está basado en una relación tiempo – amplitud.

La condición de los materiales (presencia de discontinuidades) es representada por medio de “ecos o reflexiones” sobre la pantalla.

Se puede determinar:

La profundidad o posición de una discontinuidad o el espesor de un material, y

La magnitud de una discontinuidad



- 1.- Eco de entrada o disparo principal
- 2.- Reflexión de la discontinuidad
- 3.- Reflexión de pared posterior (R.P.P.)
- 4.- Línea de tiempo base

EHP Escala horizontal de la pantalla

EVP Escala vertical de la pantalla

### **ESCALA HORIZONTAL DE LA PANTALLA (EHP)**

Compuesta de 10 divisiones y 50 subdivisiones, cada subdivisión, equivale al 2% de la escala total.

En ella se mide el tiempo de recorrido de la onda ultrasónica dentro del material desde la superficie frontal de una pieza y hasta alguna discontinuidad y/o a la superficie posterior. En situaciones prácticas de inspección se utiliza como escala de distancia por lo que se emplea para:

- Determinar la profundidad de una discontinuidad
- Medir espesores de pared

## ESCALA VERTICAL DE LA PANTALLA (EVP)

Compuesta de 100 divisiones repartidas en 5 a 10 partes equidistantes, expresa % (porcentaje) de altura.

Se utiliza para determinar la amplitud o altura de las indicaciones (ecos) de:

- Reflectores de referencia
- Discontinuidades
- Reflexiones de pared posterior

Para situaciones prácticas de inspección se utiliza para estimar y evaluar la magnitud de las discontinuidades.

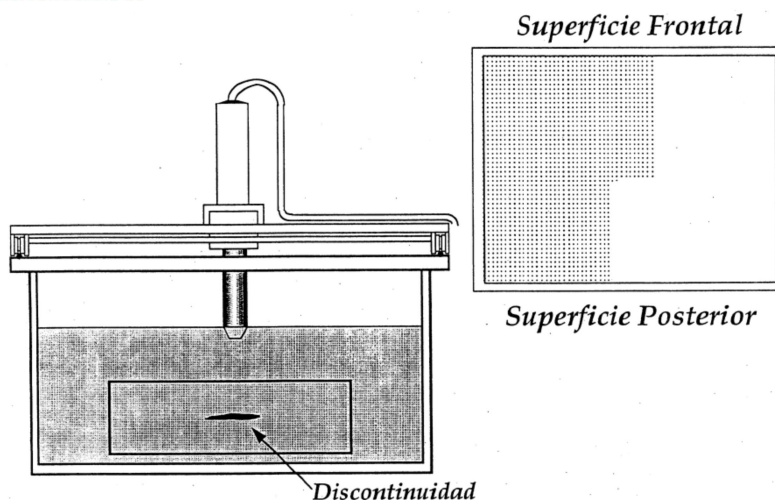
## BARRIDO TIPO “B” (B-SCAN)

Este barrido muestra una sección transversal del material inspeccionado.

En la pantalla se tiene como referencia la superficie frontal y posterior del material así como la longitud y profundidad de las discontinuidades.

El tiempo de arribo de un pulso (en dirección vertical) es representado por una línea punteada en función de la posición del transductor (en dirección horizontal).

Generalmente la inspección se realiza por inmersión y el movimiento del transductor es automático.



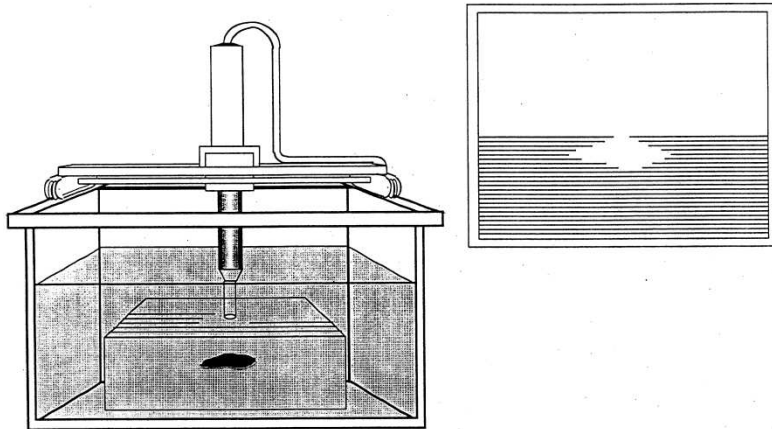
## BARRIDO TIPO “C” (C-SCAN)

Este tipo de barrido es una vista de planta (vista superior en forma de mapa), similar a una imagen radiográfica.

En la pantalla se muestra la proyección de los detalles internos, si existe una discontinuidad se obtiene el contorno de la misma.

En este barrido no se utilizan las reflexiones frontal y posterior, sólo la reflexión de las discontinuidades.

La inspección se realiza por medio de un sistema de barrido automático y proporciona un registro permanente.





## **7.- CALIBRACION**

### **CALIBRACION DEL EQUIPO**

En la inspección por ultrasonido la calibración corresponde a:

La práctica de ajustar la ganancia, el barrido y el rango, y de controlar el impacto que otros parámetros del instrumento y la configuración de la pieza de prueba puedan tener en la interpretación confiable de las señales ultrasónicas.

**Ajuste de Ganancia :** Normalmente se establece ajustando la altura vertical de los ecos en la pantalla del equipo, a un nivel predeterminado. Este nivel puede ser el requerido por un documento y basado en la respuesta de reflectores estándar en materiales similares a los que serán inspeccionados.

La ganancia se ajusta para que se compare el nivel de referencia con un eco de interés, con el fin de decidir si el reflector es de consideración y , además, porque ayuda en la determinación del tamaño del reflector.

**Ajuste de distancia de barrido:** Se ajusta en términos de “**recorrido del ultrasonido**”.

Donde el recorrido del ultrasonido corresponde a la distancia, dentro del material que será inspeccionado, desde la superficie de entrada hasta la posición en la que se encuentra el reflector.

La distancia de barrido se establece con el fin de que pueda ser determinada la localización del reflector.

## **8.- BLOQUES**

### **REFLECTORES DE REFERENCIA**

Existen varios tipos de reflectores de referencia comúnmente utilizados como base para establecer: la **sensibilidad** o la **funcionalidad del sistema**.

Los reflectores de referencia incluyen: Ranuras, barrenos de fondo plano, barrenos laterales y otros de diseños especiales.

En general, los reflectores de referencia tienen el propósito de establecer una correlación entre la amplitud de la señal y el área del reflector, esto significa que si la amplitud del eco de una falla es igual a la amplitud del eco del reflector de referencia se asume que la falla es al menos tan grande como el reflector de calibración.

### **BLOQUES DE PATRON**

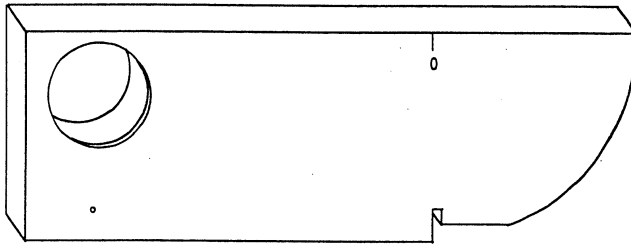
El ajuste de los controles básicos del equipo ultrasónico se facilita por el uso de varios tipos y juegos de bloques estándar.

Existe un gran número de bloques disponibles comercialmente, que son usados para el ajuste de la distancia de barrido, sensibilidad y resolución.

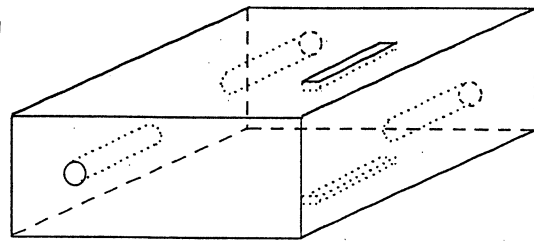
Se incluye a los bloques: IIW, DSC, DC, SC, AWS RC.

Otros bloques especiales son utilizados en respuesta a los requisitos de especificaciones y Códigos, basados en la construcción de bloques utilizando materiales de la misma naturaleza que los inspeccionados.

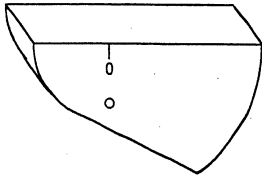
## BLOQUES PATRON



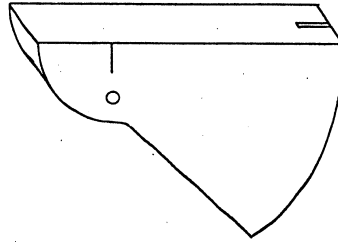
**BLOQUE IIW**



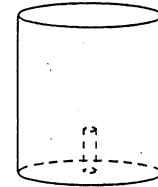
**BLOQUE BÁSICO ASME**



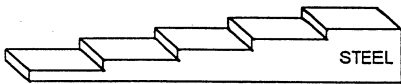
**BLOQUE ANGULAR  
MINIATURA**



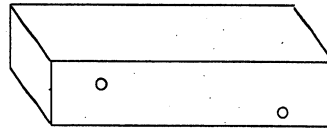
**BLOQUE DSC**



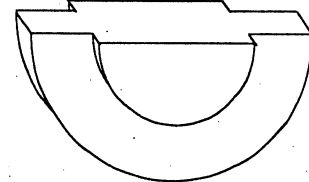
**BLOQUE ASTM**



**BLOQUE DE PASOS**



**BLOQUE SC**



**BLOQUE DC**

## **9.- DETECTABILIDAD**

Habilidad de un sistema de prueba de detectar la presencia de una discontinuidad, es determinada por:

### **TAMAÑO DE LA DISCONTINUIDAD**

Debe ser igual o mayor a  $\frac{1}{2} \lambda$

### **IMPEDANCIA ACÚSTICA DE LA DISCONTINUIDAD**

El aire es el mejor

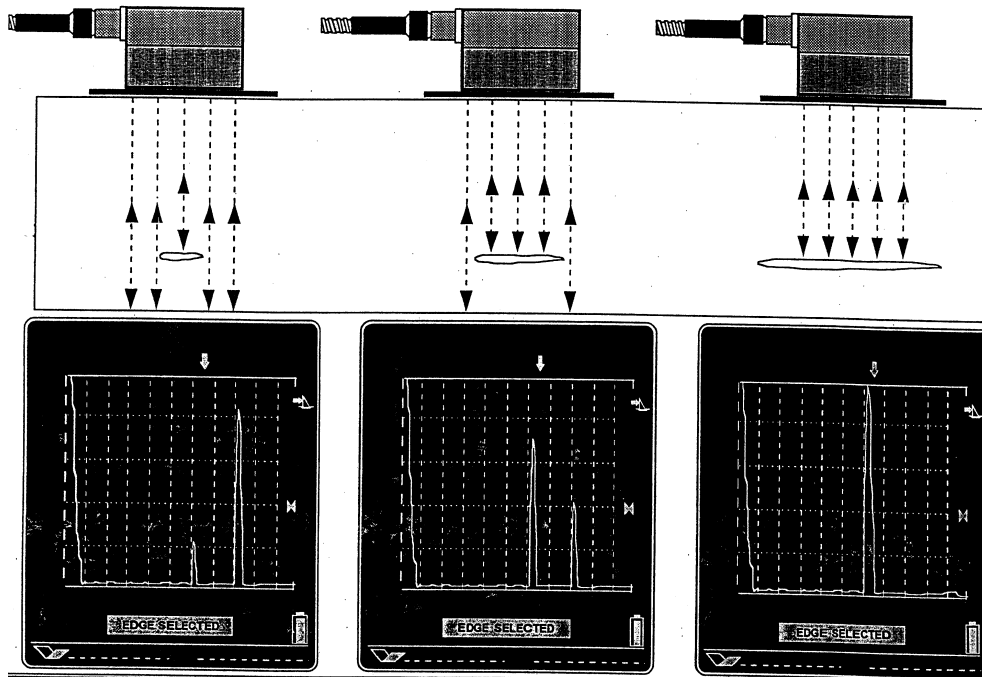
### **ORIENTACION DE LA DISCONTINUIDAD**

Perpendicular al haz ultrasónico es la mejor

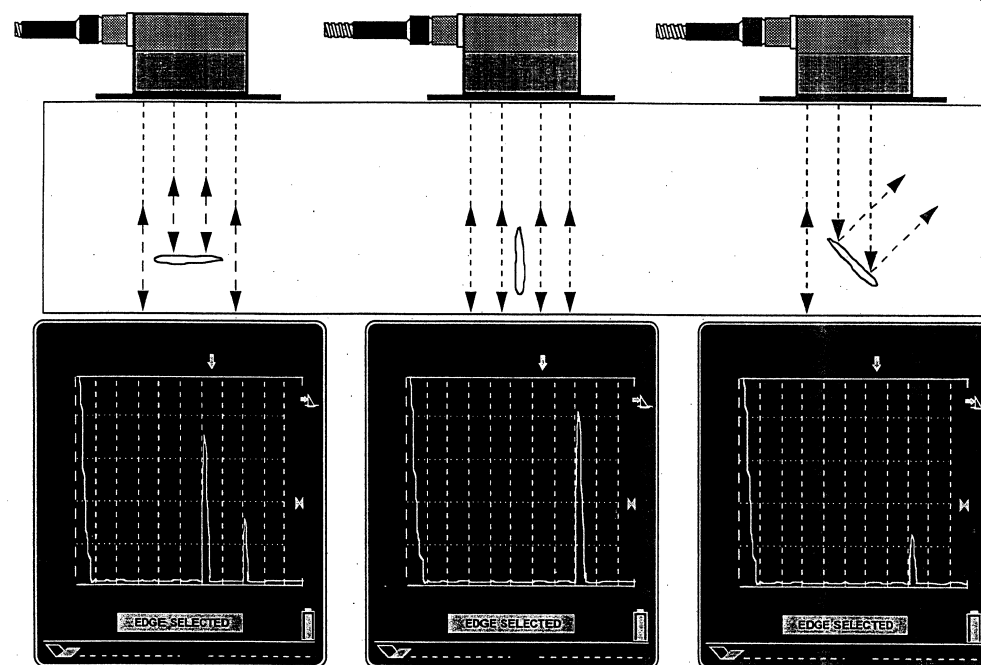
### **RELACIÓN SEÑAL-RUIDO**

Estructura del material de prueba

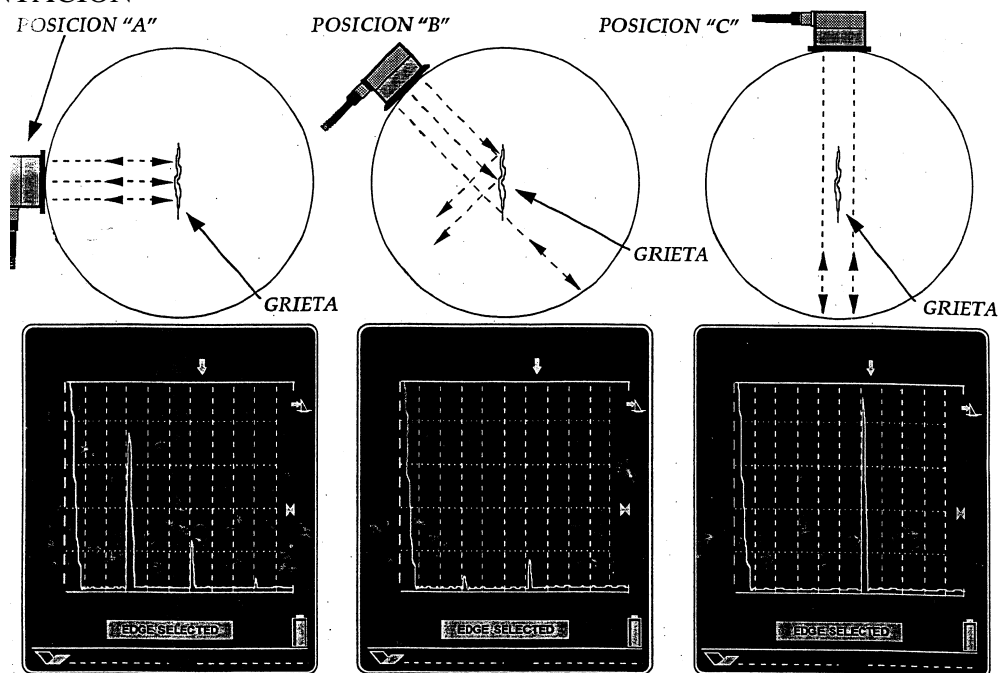
### **TAMAÑO DE LA DISCONTINUIDAD**



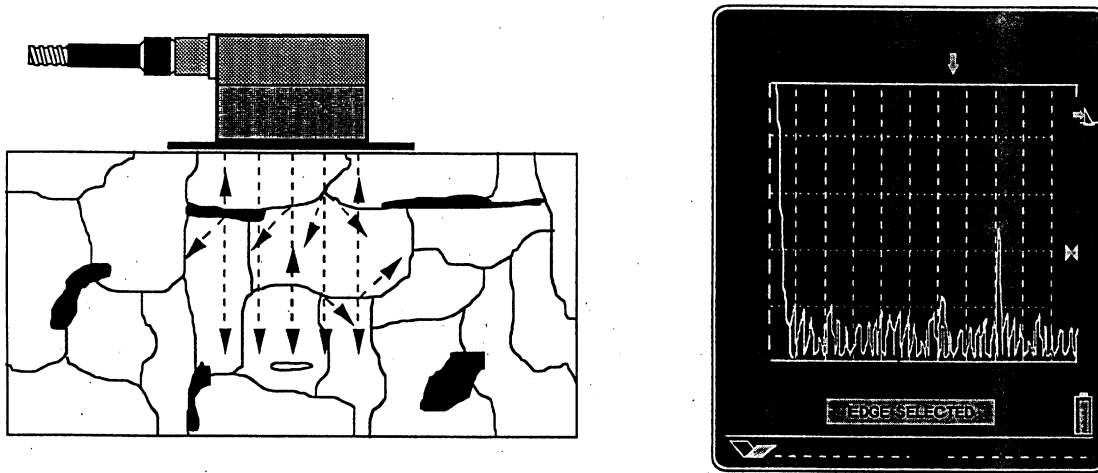
## ORIENTACION



## ORIENTACION



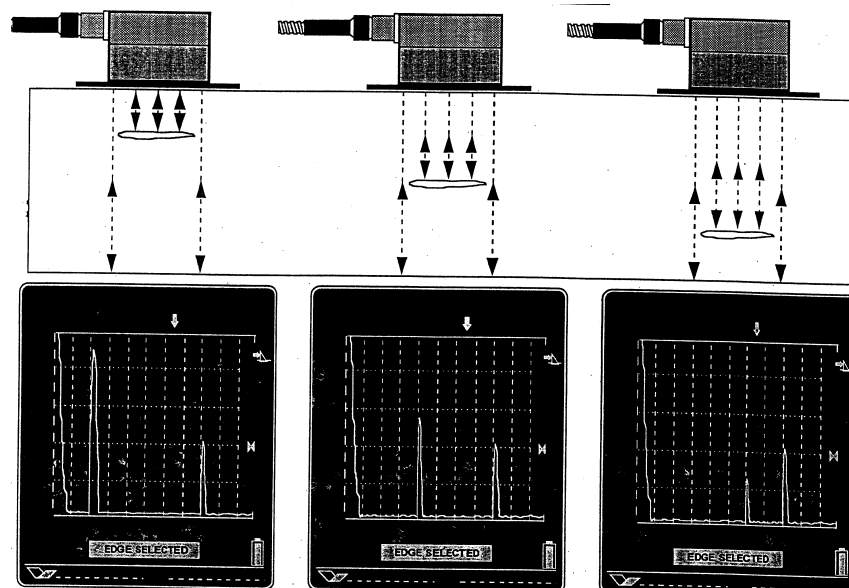
## RELACION SEÑAL – RUIDO



## 10.- ATENUACION

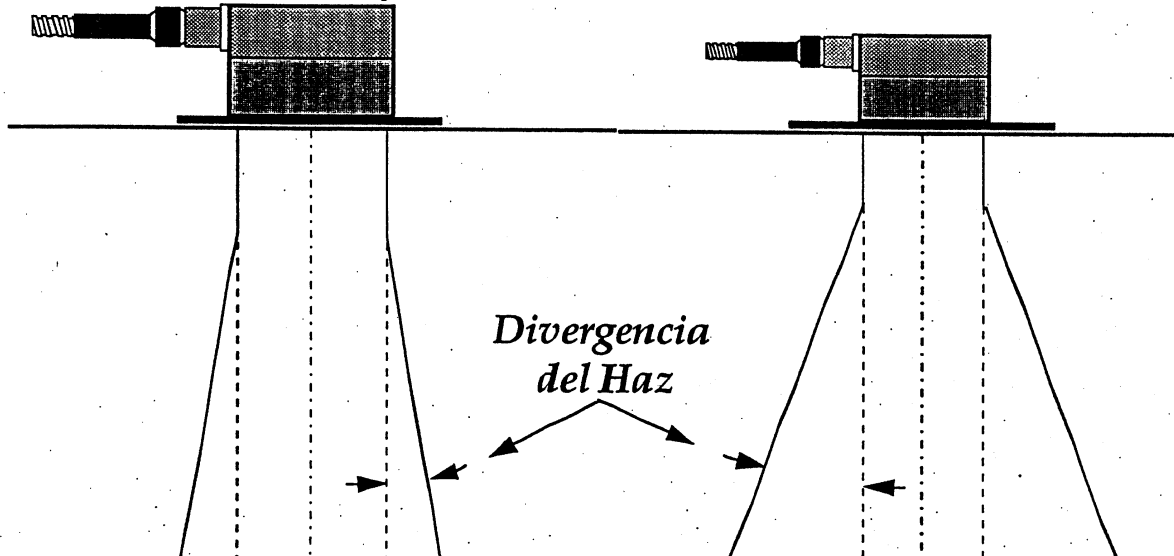
Pérdida de energía de la onda ultrasónica al propagarse a través de un medio.  
Se debe principalmente a:

- Acoplamiento
- Divergencia del haz ultrasónico
- Dispersión del medio
- Absorción del medio
- Difracción



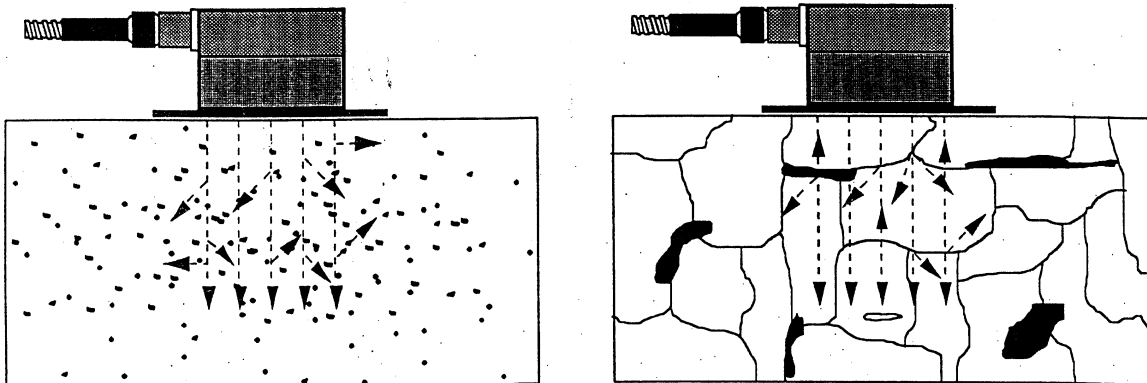
## DIVERGENCIA DEL HAZ

En materiales isotrópicos, homogéneos y de grano fino la intensidad de energía de la onda ultrasónica es afectada por la forma de su haz. La energía de un haz divergente está distribuida en un área mayor.



## DISPERSION DEL MEDIO

Cuando una onda ultrasónica pasa a través de materiales de ingeniería que contienen elementos distribuidos al azar, como porosidad e inclusiones inherentes y bordes de grano, la onda es reflejada parcialmente por ellos por lo que se dice que la energía es dispersada en diferentes direcciones.





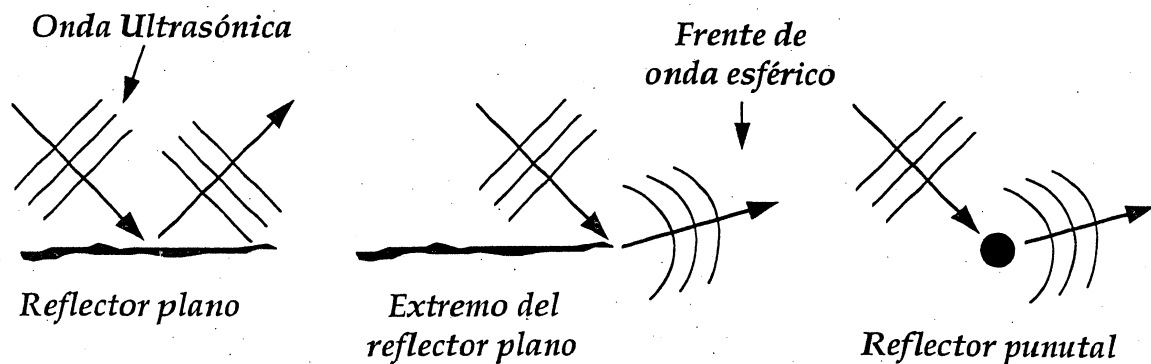
## ABSORCION

Las ondas ultrasónicas son absorbidas debido a mecanismos de pérdida de energía tales como fricciones internas, en algunos materiales principalmente.

Cuando la onda ultrasónica se propaga a través de los materiales, parte de su energía mecánica se transforma en calor y no puede ser recuperada.

## DIFRACCION

Las ondas ultrasónicas avanzan en forma recta a menos que encuentren un cambio en el medio, como interfaces planas, reflectores puntuales o extremos de reflectores, en esos casos la onda es reflejada o redirigida en forma de ondas planas o esféricas.



## 11.- SENSIBILIDAD

Capacidad de un sistema de inspección de detectar discontinuidades pequeñas.

Cuando aumentamos la frecuencia:

Longitud de onda	---	Disminuye
Penetración	---	Disminuye
Resolución	---	Aumenta
Divergencia	---	Disminuye
Intensidad	---	Aumenta

## **12.- RESOLUCION**

### **CERCANA**

Habilidad de detectar discontinuidades localizadas cerca de la superficie de entrada.

### **LEJANA**

Habilidad de separar dos o más ecos cercanos entre sí

## **13.- IMPEDANCIA ACUSTICA**

Es la resistencia que oponen los materiales a la propagación del sonido.

La impedancia acústica ( $Z$ ) está definida por el producto de la densidad del material ( $\rho$ ) y la velocidad de propagación del sonido ( $v$ ):

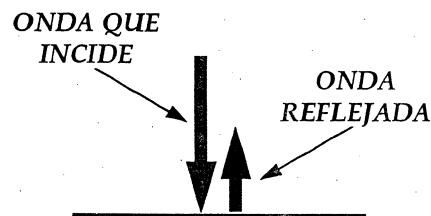
$$Z = \rho \ v$$

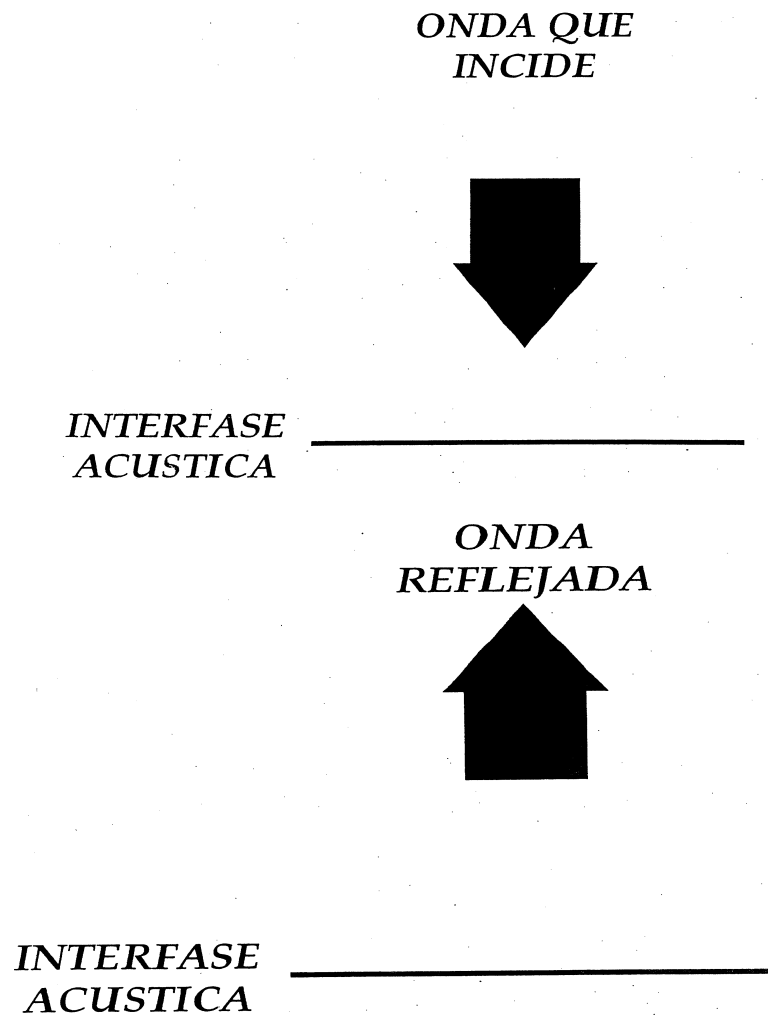
## **14.- REFLEXION**

Una onda ultrasónica es “Reflejada” cuando encuentra un cambio en el material, ya sea el borde de dos materiales que no sean similares o dos medios diferentes.

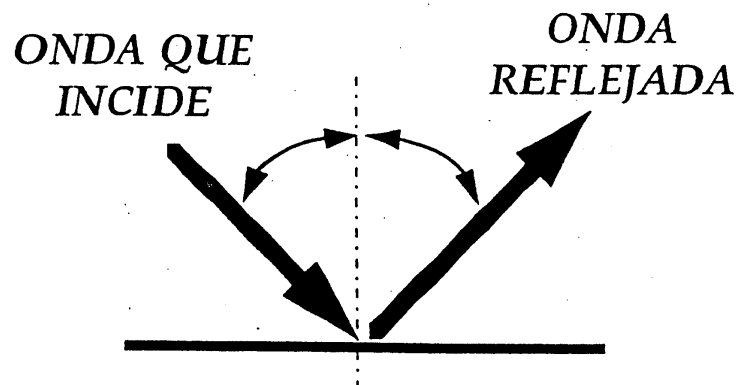
**Interfase Acústica:** El límite entre dos materiales o medios con diferente impedancia acústica.

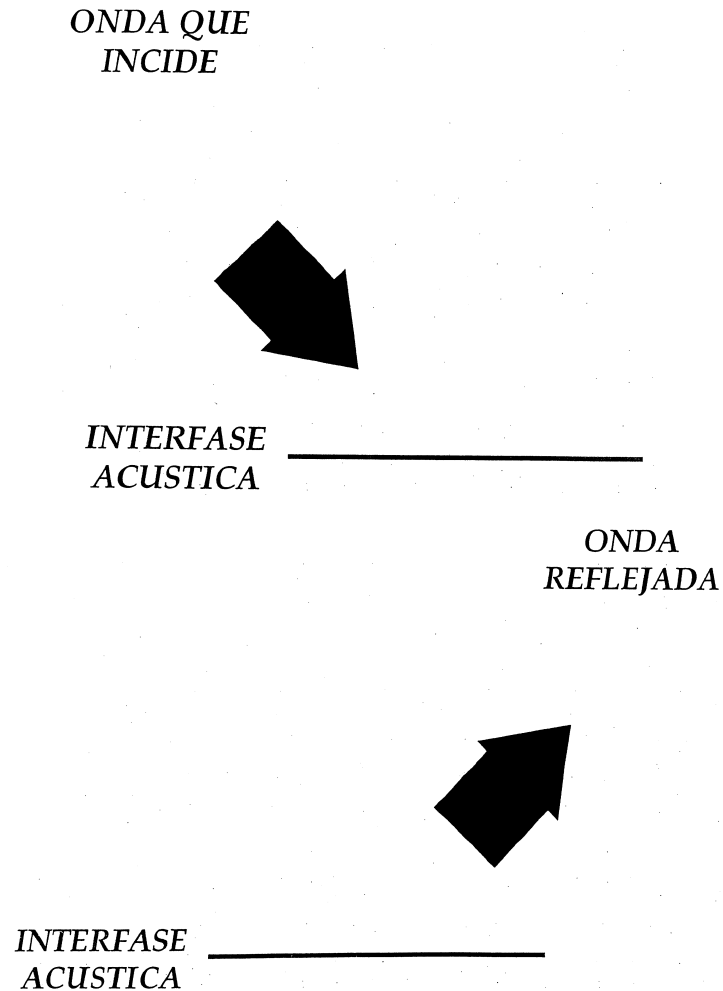
*Cuando la onda que incide es perpendicular a la interfase acústica, la onda será redirigida hacia la fuente desde la cual fue emitida.*





Si la onda que incide es oblicua a la interfase acústica, la onda será redirigida a un ángulo igual al de incidencia.





## **15.- INCIDENCIA NORMAL**

El valor de la impedancia acústica permite calcular el porcentaje teórico de energía transmitida y reflejada en las interfases acústicas.

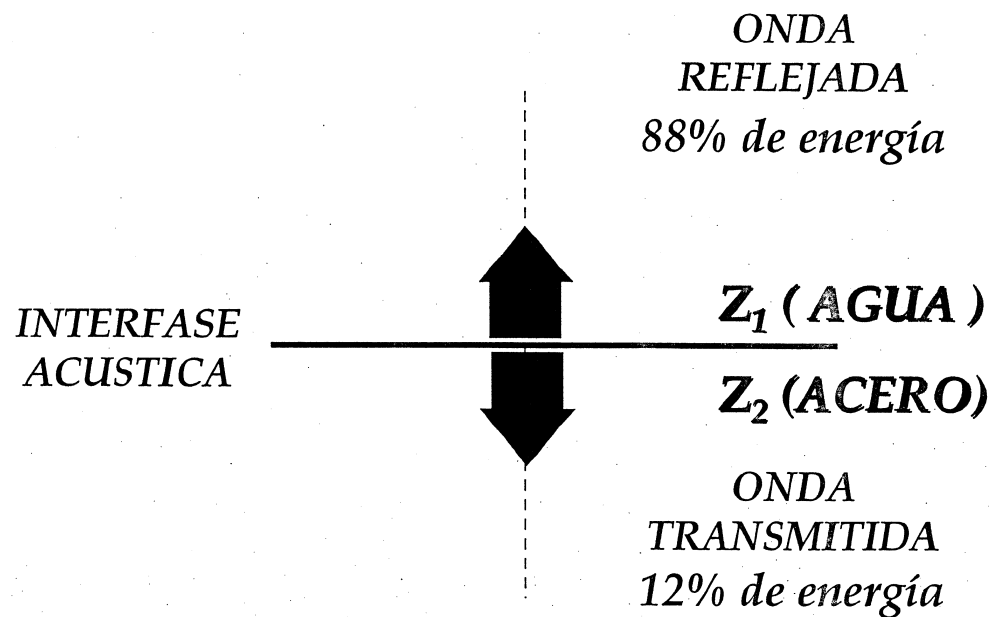
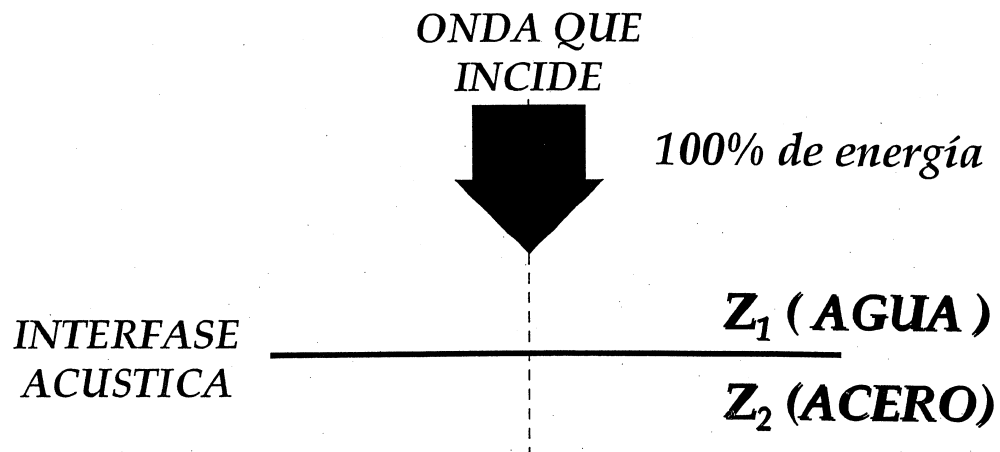
Coefficiente de reflexión:

$$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \% \quad R = R \times 100$$

Coefficiente de transmisión:

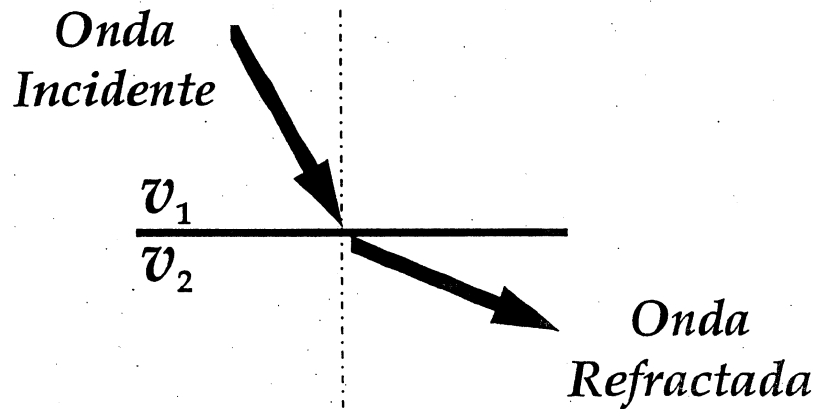
$$T = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_2 + Z_1)^2} \% \quad R = T \times 100$$

$$T = 1 - R$$



## 16.- REFRACCION

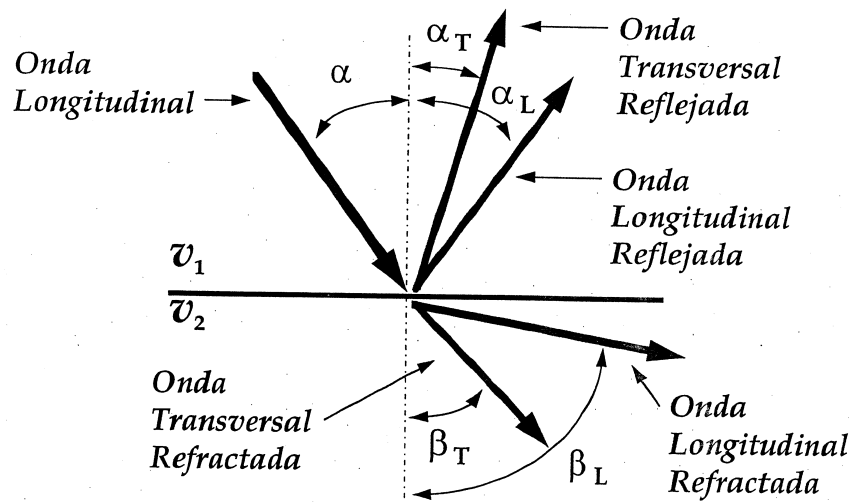
Es el cambio de dirección de una onda ultrasónica cuando pasa de un medio a otro con diferente velocidad de propagación y con un ángulo de incidencia diferente a cero grados con respecto a la normal.



## 17.- CONVERSION DE MODO

Es el cambio de ondas, de un modo de vibración a otro.

Se presenta en la reflexión o refracción y es causado por un ángulo de incidencia diferente a cero grados con respecto a la normal de la interfase.

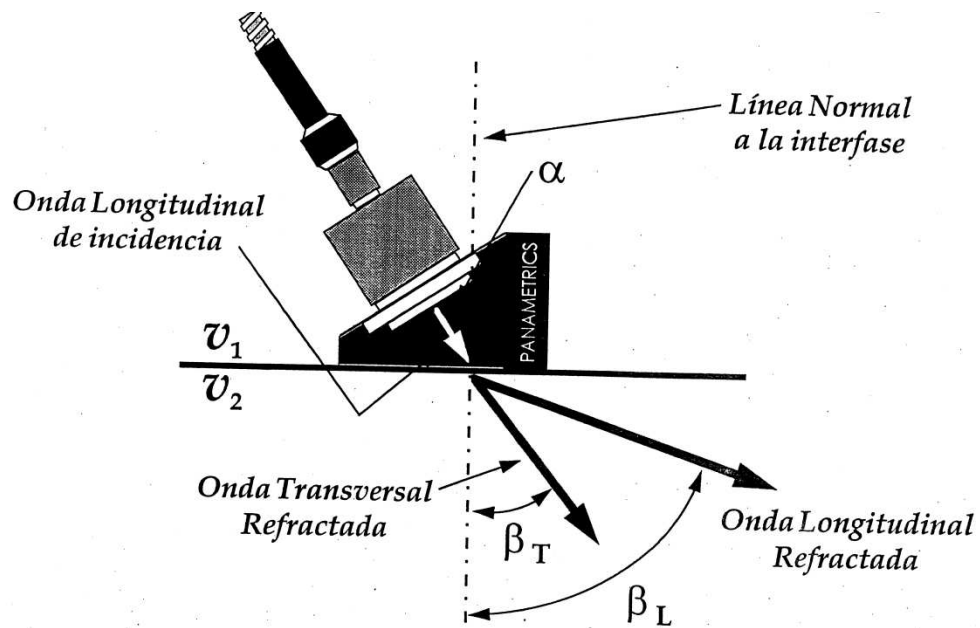
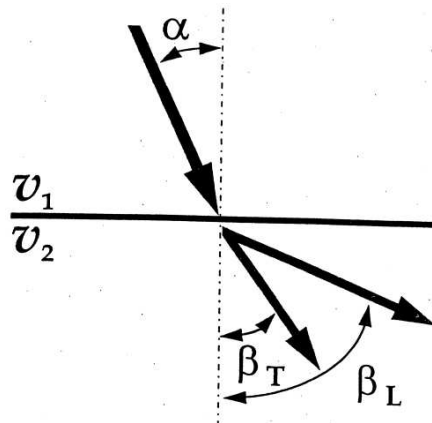


## 18.- INCIDENCIA OBLICUA

Los ángulos de la onda de incidencia y de las ondas transmitidas están dados por la:

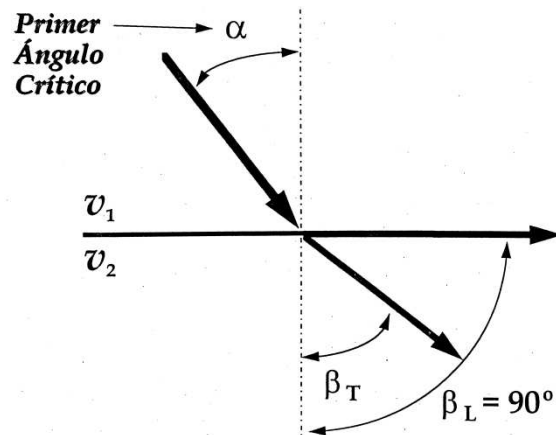
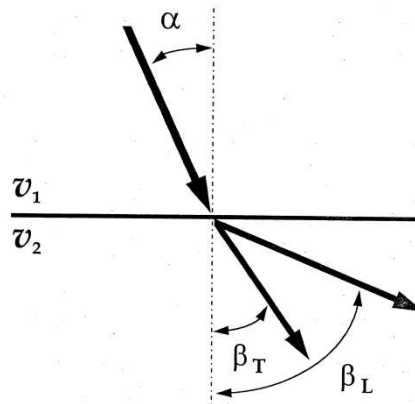
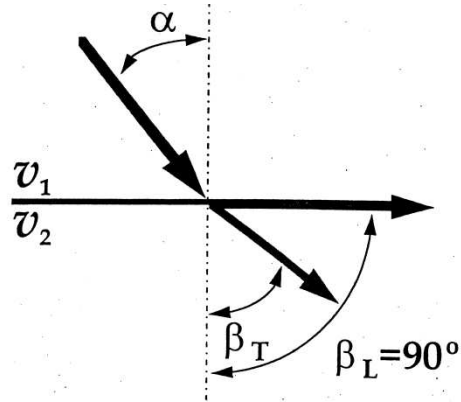
### “Ley de Snell”

$$\frac{\text{Sen } \alpha}{\text{Sen } \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$



## 1er. ANGULO CRITICO

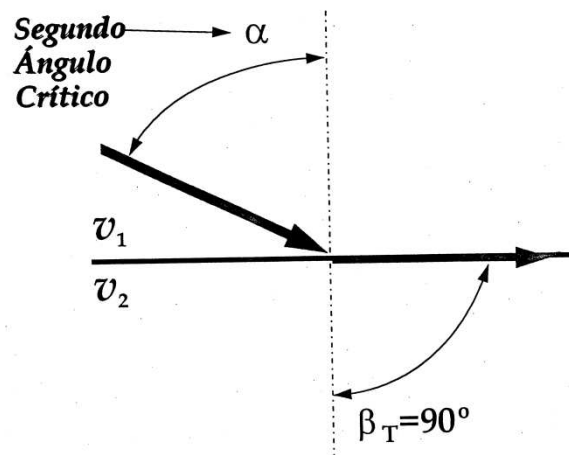
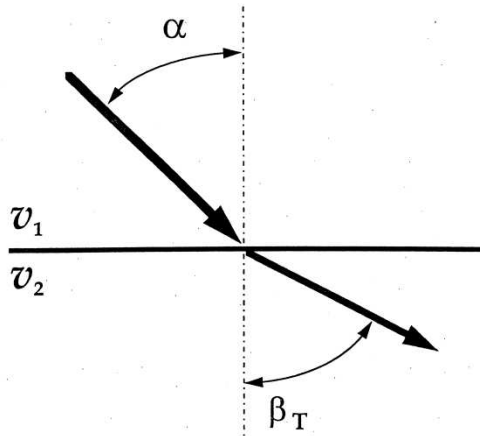
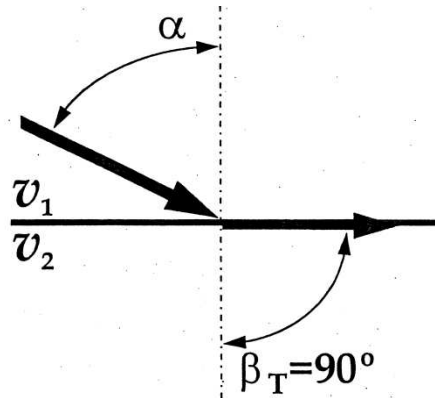
El ángulo de la onda de incidencia con el cual la onda longitudinal es refracta a  $90^\circ$  con respecto a la normal.





## 2do. ANGULO CRITICO

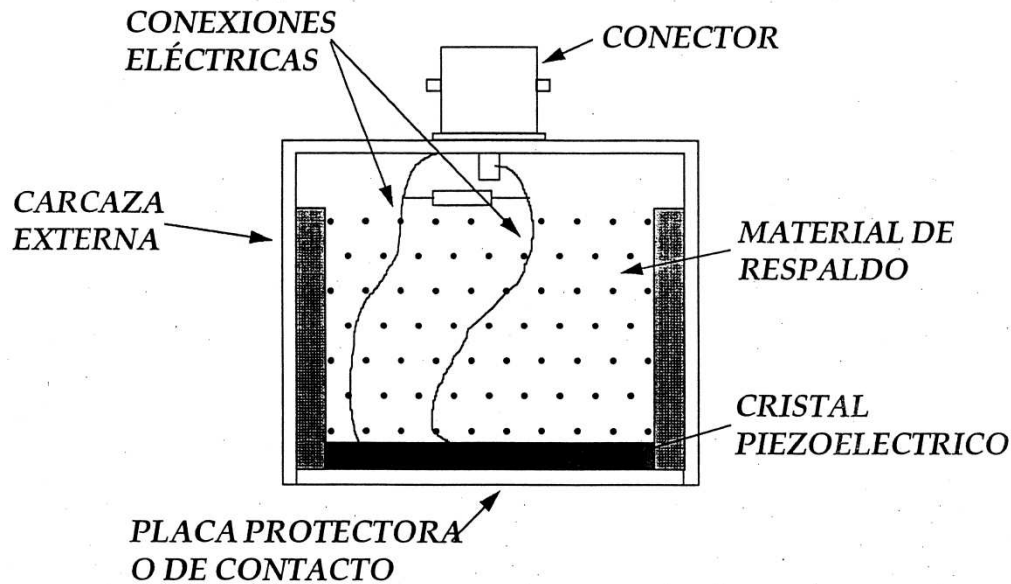
El ángulo de la onda de incidencia con el cual la onda transversal es refracta a  $90^\circ$  con respecto a la normal.



## **19.- TRANSDUCTORES**

Como se utiliza en la Inspección por Ultrasonido un transductor es el accesorio con el cual la energía eléctrica es convertida en energía acústica y viceversa.

El accesorio adaptado a la Inspección por Ultrasonido es conocido como palpador, unidad de rastreo, cristal y transductor.



Están disponibles en muchos tipos y formas; la variación en su construcción depende de:

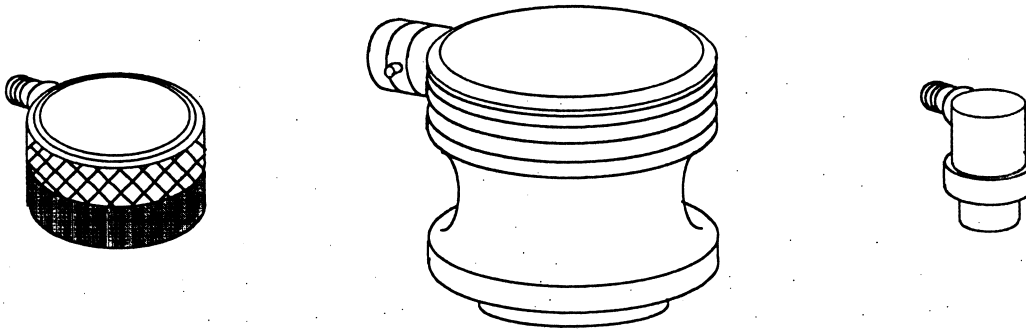
- El material del elemento piezoeléctrico
- El espesor del elemento piezoeléctrico
- La superficie de contacto
- La forma del transductor
- El grado de amortiguamiento

Existen 4 tipos básicos de transductores:

- 1.- Haz recto de contacto
- 2.- Haz angular de contacto
- 3.- Doble cristal de contacto
- 4.- Inmersión

## HAZ RECTO DE CONTACTO

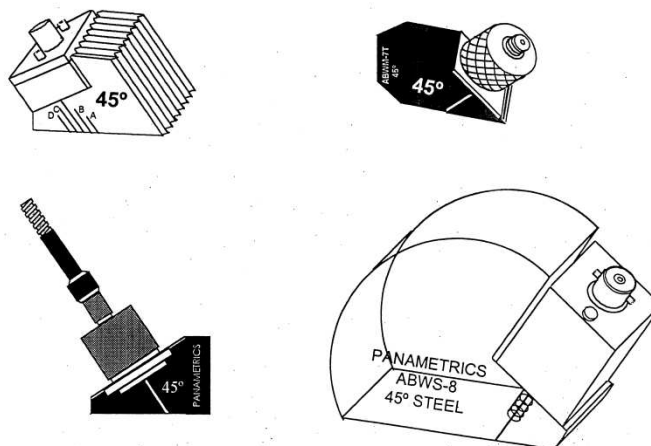
Es el transductor frecuentemente utilizado en las inspecciones por considerarse como el más versátil en la detección de fallas. Ya que este transductor es utilizado en contacto directo con la pieza inspeccionada su superficie de contacto, en general, debe ser de un material altamente al desgaste.



## HAZ ANGULAR DE CONTACTO

Estos transductores utilizan los principios de refracción y conversión de modo para producir ondas transversales refractadas en la pieza. El ultrasonido viaja en forma angulada y es reflejado por la superficie posterior con lo cual se mejora la habilidad de detección dentro y alrededor de áreas soldadas. Se utilizan en:

- Inspección de soldaduras
- Inspección tubular en campos petroleros
- Detección de fallas a temperatura ambiente o altas temperaturas, y
- Detección y dimensionamiento de grietas



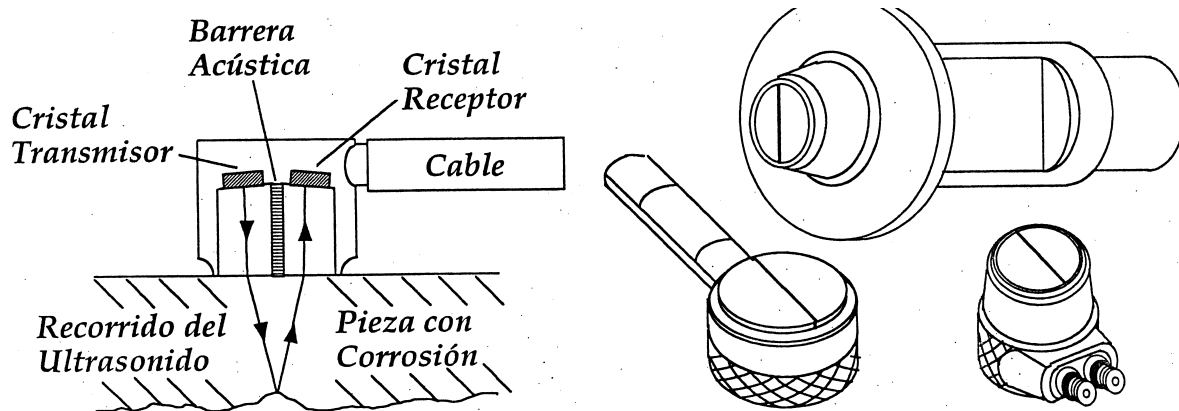
## DOBLE CRISTAL DE CONTACTO

Estos transductores cuentan con dos cristales por separado, un transmisor y un receptor, montados sobre líneas de retardo y ligeramente angulados.

Esta configuración mejora la resolución cercana eliminando el disparo principal, además, el diseño del haz inclinado proporciona un seudofoco que los hace más sensibles a ecos de reflectores de forma irregular tales como corrosión o picaduras.

Se utilizan en:

- Monitoreo de corrosión/erosión
- Inspección de materiales que producen dispersión (fundiciones y aceros inoxidables)
- Inspección de soldaduras de recubrimiento, e
- Inspecciones a altas temperaturas



## INMERSION

Estos transductores están diseñados para situaciones en las que la pieza está parcial o totalmente sumergida en agua. Se utilizan en:

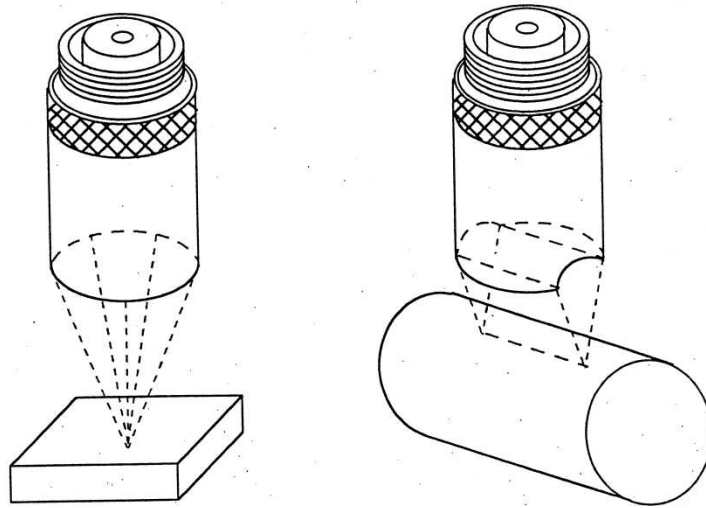
- Barridos automatizados
- Detección de fallas en piezas maquinadas, y
- Medición de espesores en línea

*Ventajas sobre los transductores de contacto:*

- Acoplamiento uniforme
- Permiten incrementar la velocidad de barrido

- La focalización concentra la onda e incrementan la sensibilidad para reflectores pequeños

Están disponibles en tres configuraciones diferentes: no focalizados (planos), focalizados esféricos (puntuales), y focalizados cilíndricos (lineales).



## **20.- SELECCIÓN DEL TRANSDUCTOR**

El transductor es un componente crítico del sistema de inspección, aún estando involucrados factores tales como las características del instrumento ultrasónico, los parámetros de calibración, las propiedades del material y las condiciones de acoplamiento, que también juegan un papel importante en la funcionalidad del sistema.

En muchas ocasiones el transductor es seleccionado para resaltar ya sea la sensibilidad o la resolución del sistema, por ejemplo:

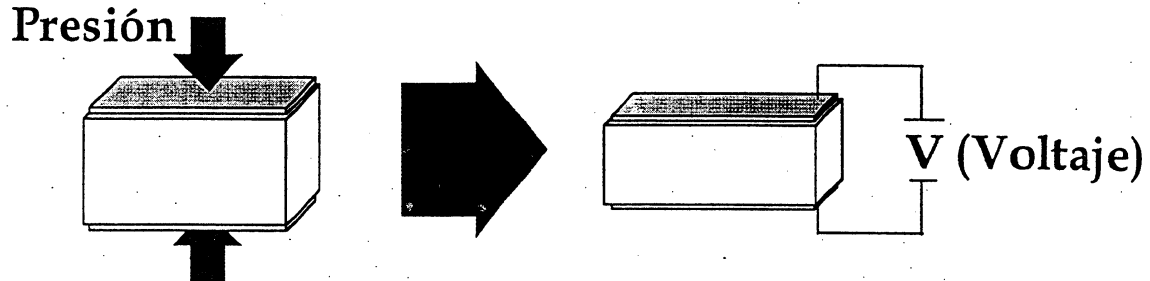
Un sistema con buena sensibilidad tiene la habilidad de detectar discontinuidades pequeñas a una distancia dada dentro del material, en muchos casos donde se requiere una buena sensibilidad se seleccionan transductores de bajo amortiguamiento, por ejemplo del tipo Accuscan S.

La configuración específica del transductor también tiene un gran impacto en la funcionalidad del sistema. Esta consideración es aplicable por ejemplo en la selección de transductores ya sea focalizados o con superficies que resiste al desgaste.

Por último la selección adecuada de la frecuencia y el diámetro del transductor.

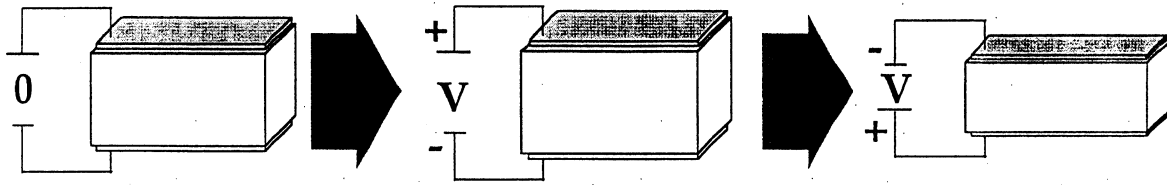
## EFECTO PIEZO ELECTRICO DIRECTO

Propiedad de ciertos materiales que les permite producir un campo eléctrico cuando son sometidos a una presión que provoque una deformación mecánica.



## EFECTO PIEZOELECTRICO INVERSO

Propiedad de ciertos materiales que les permite transformar un pulso eléctrico en un pulso mecánico.



## CRISTALES PIEZOELECTRICOS

- CUARZO (Cristal piezoeléctrico natural)
- CERÁMICAS POLARIZADAS
  - Titanato de Bario (\*)
  - Metaniobato de Plomo
  - Titanato Zirconato de Plomo
- SULFATO DE LITIO

Entre la frecuencia de los transductores y el tamaño del cristal una relación inversa.

FRECUENCIA ALTA

--- CRISTAL DELGADO

## **MATERIAL DE RESPALDO**

Los transductores contienen un material de respaldo que proporciona amortiguamiento.

El material de respaldo, normalmente, es una resina llena con algún material muy denso, como polvo de tungsteno.

El material de respaldo tiene dos tareas:

- Debe amortiguar las oscilaciones de inercia del cristal.
- Debe absorber las vibraciones hacia el interior del transductor para que no interaccionen con la carcasa.

## **ANCHO DE BANDA**

El material de respaldo determina el ancho de banda de un transductor.

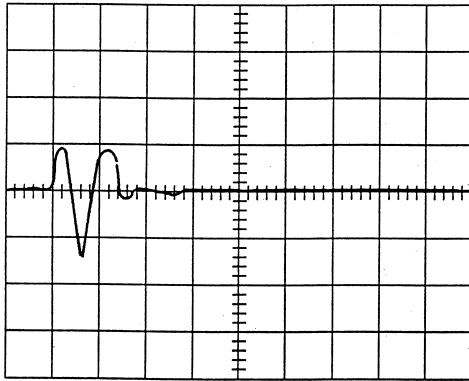
**Transductor de banda ancha.** El cristal está fuertemente amortiguado y se producen pulsos cortos.

Sus características son las siguientes:

- Reducción del campo muerto
- Pulsos de corta duración, uno o dos ciclos
- Gran poder de resolución
- Menor sensibilidad
- Menor poder de penetración
- Mejor relación señal ruido

## BANDA ANCHA

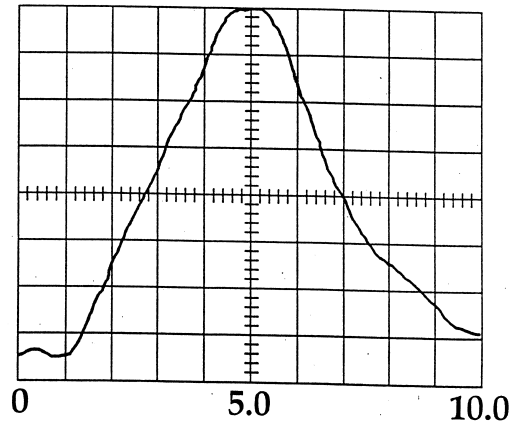
*Forma de la onda / pulso*



Mediciones por ASTM E 1065

Frecuencia pico 5.10 MHz  
Frecuencia central 4.90 MHz  
Frecuencia inferior 2.75 MHz  
Frecuencia superior 7.00 MHz  
Ancho de banda 4.25 MHz

*Espectro de frecuencias*



**Transductor de banda angosta.** El cristal está ligeramente amortiguado y se producen pulsos largos.

Sus características son las siguientes:

- Incremento del campo muerto.
- Pulsos de larga duración, tres a cinco ciclos.
- Mayor sensibilidad.
- Mayor poder de penetración.

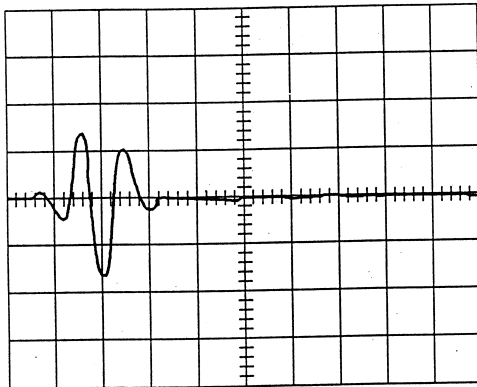
PANAMETRICS fabrica tres tipos de transductores de acuerdo al grado de amortiguamiento:

- **ACCUSCAN “S”** (Bajo amortiguamiento)
- **ACCUSCAN “R”** (Medio amortiguamiento)
- **VIDEOSCAN** (Alto amortiguamiento)



## BANDA ANGOSTA

*Forma de la onda / pulso*



Mediciones por ASTM E 1065

Frecuencia pico 4.97 MHz

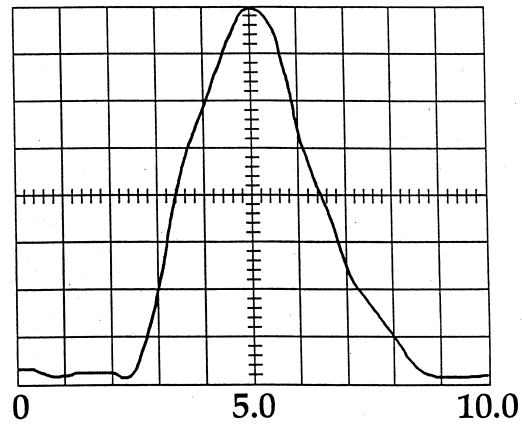
Frecuencia central 4.95 MHz

Frecuencia inferior 3.40 MHz

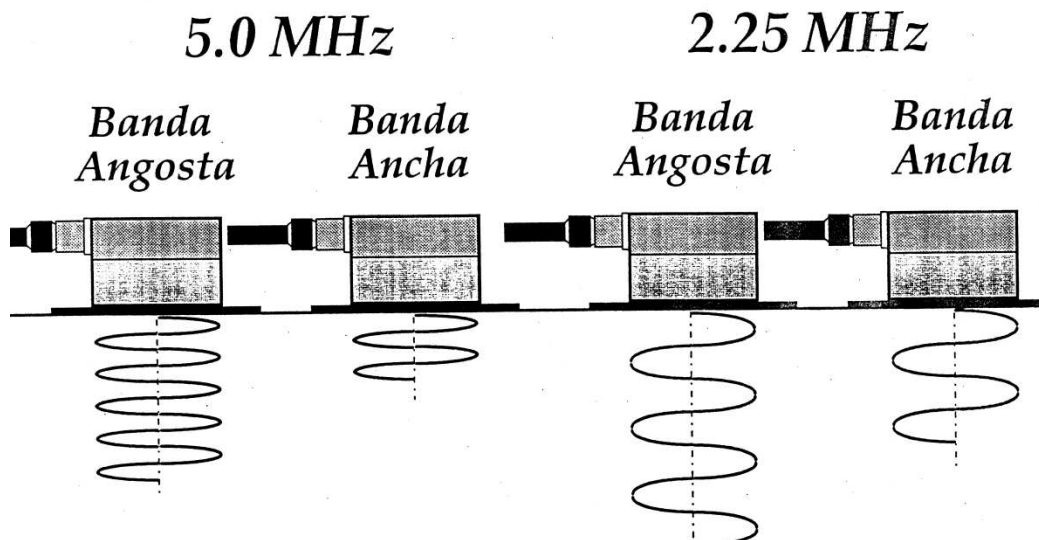
Frecuencia superior 6.50 MHz

Ancho de banda 3.10 MHz

*Espectro de frecuencias*



## AMORTIGUAMIENTO

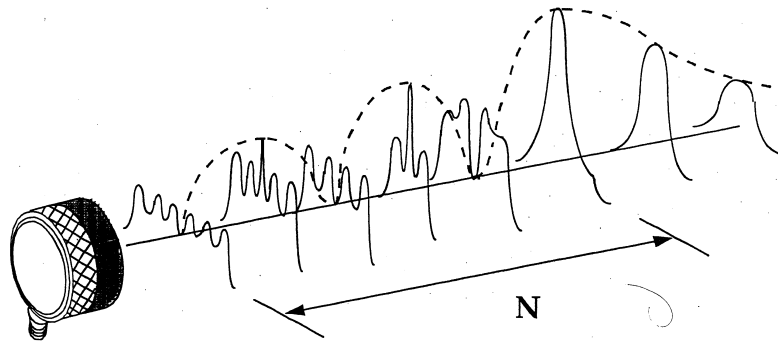


## **21.- CARACTERISTICAS DEL HAZ ULTRASONICO**

Las características del haz ultrasónico dependen del material inspeccionado, la geometría, dimensiones y frecuencia del transductor.

- Campo Muerto Zona muerta  
Corresponde al ancho del pulso inicial y puede medirse sobre la línea de tiempo base.
- Eje Central o Eje Acústico  
Es la línea central a lo largo del haz ultrasónico donde está concentrada la energía.

### **HAZ ULTRASONICO**

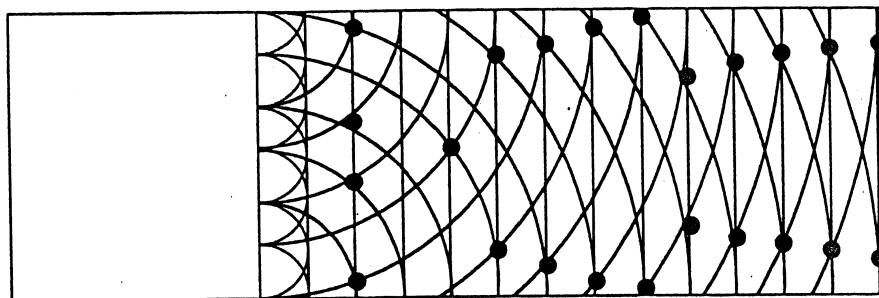
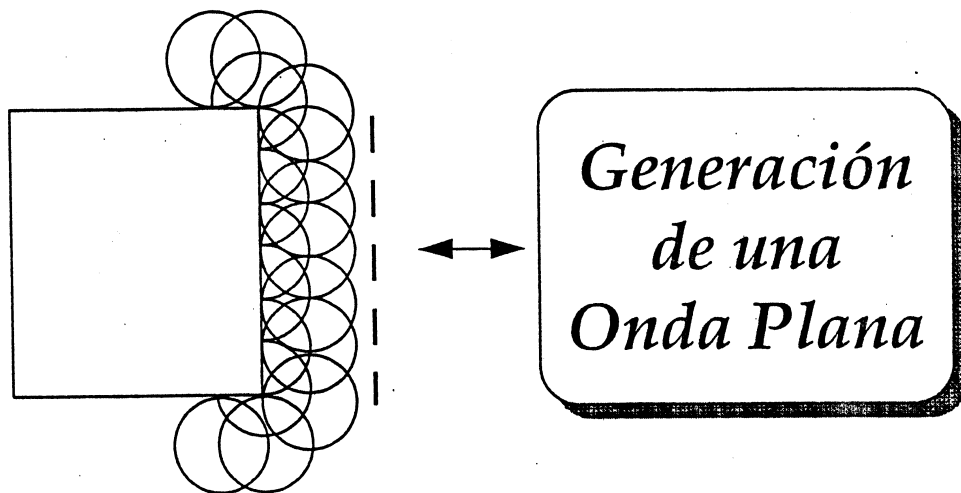
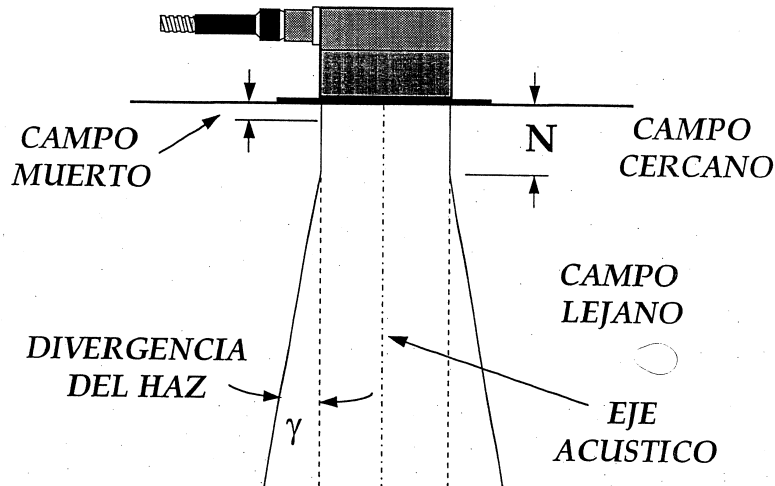


### **Campo Cercano o Zona de Fresnel**

Zona del haz ultrasónico donde la distribución de presiones acústicas varía constantemente.

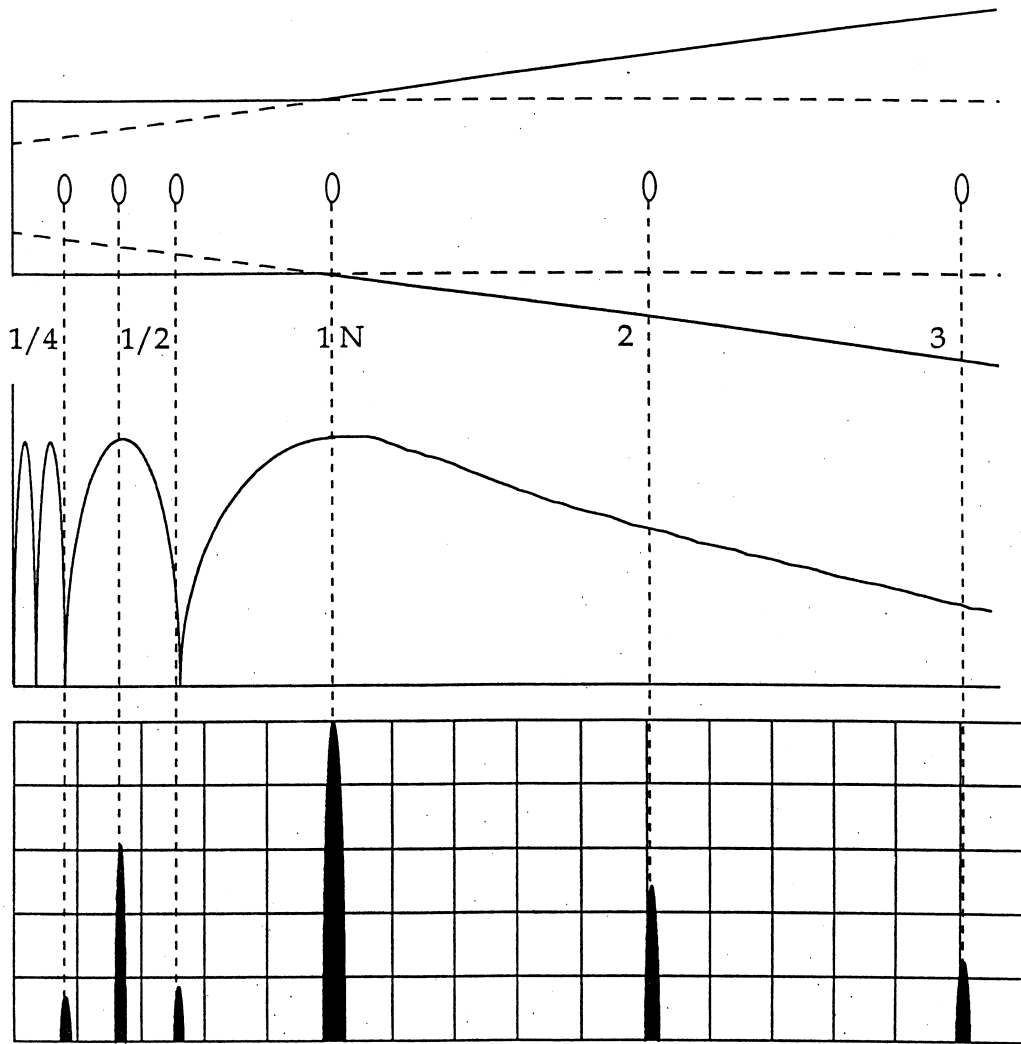
**Principio de Huygen.**

La cara de un transductor no vibra en forma uniforme, lo hace como un mosaico compuesto por cristales diminutos que vibran en la misma dirección pero ligeramente fuera de fase con respecto a sus vecinos, debido a lo anterior la presión acústica varía irregularmente presentando máximos y mínimos.

**HAZ ULTRASONICO**

La presión acústica varía irregularmente  
presentando máximos y mínimos

ALTURA DEL ECO PRESION ACUSTICA



# CARACTERISTICAS DEL HAZ

- **Campo cercano o Zona de Fresnel**

La fórmula para calcular la longitud teórica del campo cercano es la siguiente:

$$N = \frac{D^2 f}{4 v} = \frac{D^2}{4 \lambda} = \frac{A}{\pi \lambda}$$

Donde:

N	:	Longitud del campo cercano
D	:	Diámetro del transductor
f	:	Frecuencia del transductor
v	:	Velocidad de la onda ultrasónica
$\lambda$	:	Longitud de onda

- **Campo Lejano o Zona de Fraunhofer**

Zona del haz ultrasónico donde la distribución de presiones acústicas decae proporcionalmente con el aumento de distancia desde el transductor.

- **Angulo de Divergencia**

Para transductores circulares, la mitad del ángulo divergencia se calcula teóricamente usando la fórmula:

$$\text{Sen } \gamma = 1.22 \frac{v}{D f}$$

## **22.- METODOS DE EVALUACION**

### **EVALUACION DE INDICACIONES**

En la inspección por ultrasonido los métodos tradicionales de evaluación se basan en la reflexión del ultrasonido producida por una discontinuidad y en algunos casos la atenuación de la R.P.P. es un método complementario.

#### **METODOS DE EVALUACION**

En función del tamaño del reflector contra la sección transversal del haz existen dos métodos para la evaluación de las dimensiones de una discontinuidad:  
Método de evaluación por comparación con reflectores de referencia o de discontinuidades menores.

- Aplicable en inspecciones con transductores de haz recto, haz angular y doble cristal.
- El ajuste de sensibilidad de magnitudes conocidas, como ranuras, barrenos laterales y de fondo plano.
- Se requiere maximización de la indicación.
- La evaluación se efectúa contra Curvas DAC.
- En ocasiones se emplea la técnica de caída de 6 db.
- En ocasiones se requiere la compensación por diferencia de atenuación entre la pieza y los bloques.
- Aplicaciones: uniones soldadas, piezas fundidas, piezas forjadas, etc.

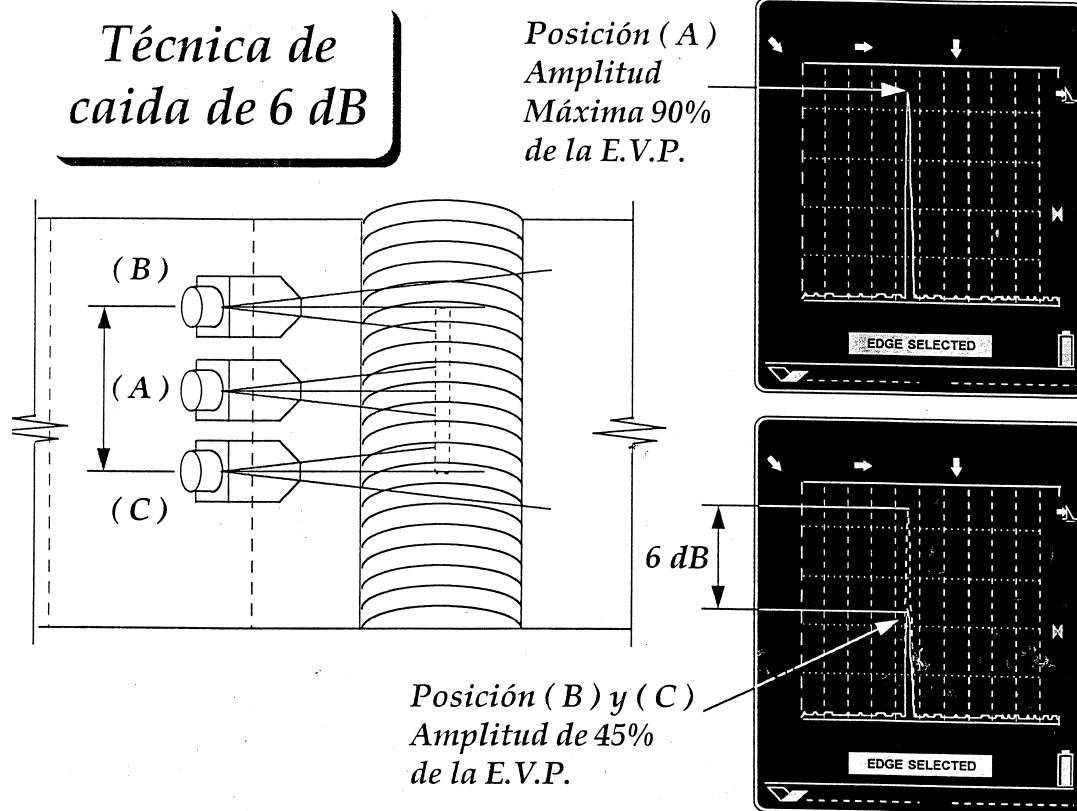
#### ***CURVA “DAC”***

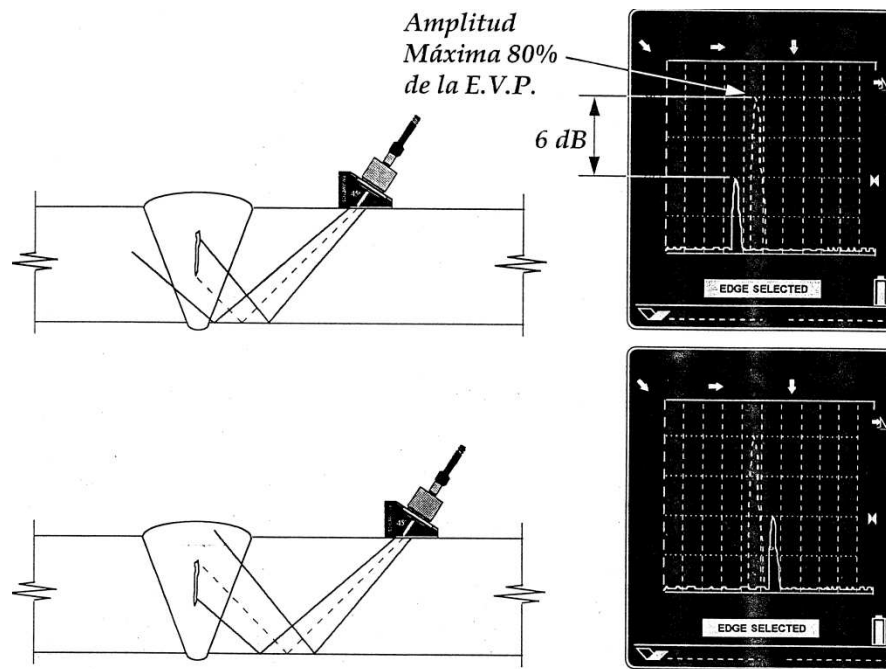
Debido a que la amplitud de una indicación disminuye con el incremento de distancia entre el transductor y un reflector, y de acuerdo con algunos requisitos específicos, es necesario hacer uso de un método de evaluación que utiliza uno o varios bloques de referencia con reflectores de dimensiones conocidas localizados a diferentes distancias (también conocidas) desde el transductor.

La Curva “DAC” en la pantalla representa la amplitud de reflectores de ciertas dimensiones para un rango de distancia dado. La curva representa la pérdida de energía debido a la atenuación.

## CONSTRUCCION DE LA CURVA "DAC"

- Maximizar la indicación del reflector que proporcione la mayor amplitud.
- Con el control de ganancia ajustar la amplitud de la indicación al 80% de la altura total de la pantalla (+/- 5%) y marcar sobre la pantalla la posición del pico de la indicación.
- Sucesivamente maximizar la indicación de cada uno de los reflectores y marcar sobre la pantalla la posición del pico de cada indicación.
- Trazar una línea que conecte las marcas para obtener la **Curva de Corrección Distancia Amplitud**.



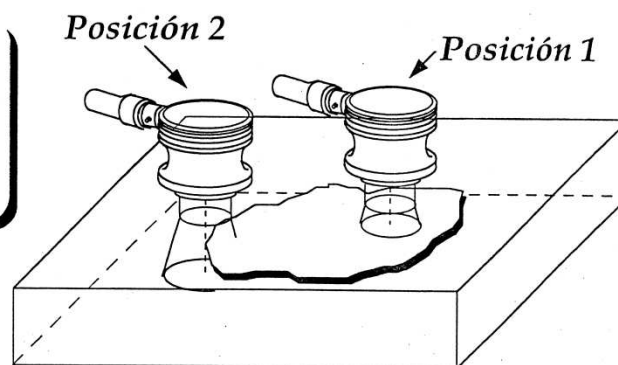


## MÉTODO DE EVALUACIÓN POR CAÍDA DE AMPLITUD O DE DISCONTINUIDADES MAYORES.

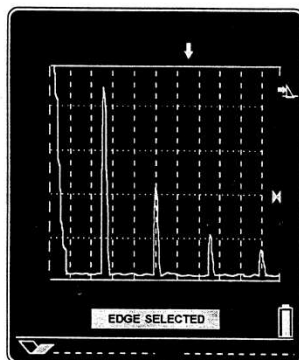
- Aplicable en piezas con superficies paralelas, usando normalmente haz recto, utilizado para determinar el contorno y extensión de una discontinuidad.
- Calibración en distancia empleando múltiplos de R.P.P. sobre una zona sana del material.
- Ajuste de sensibilidad de la primera R.P.P. a una amplitud fija entre el 50% y 75% de la E.V.P. sobre una zona sana del material.
- Exploración dinámica para evaluar la discontinuidad.
- Emplea la técnica de caída de 6 db.
- Aplicaciones: placa roladas (A-435) y piezas forjadas (A-388).



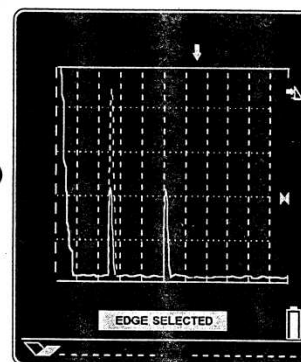
*Técnica de caída  
de amplitud para  
discontinuidades  
mayores*



*Posición (1)*



*Posición (2)*



## **23.- INFORMACION COMPLEMENTARIA**

### **SELECCIÓN DEL TRANSDUCTOR**

El transductor es un componente crítico del sistema de inspección, aún estando involucrados factores tales como las características del instrumento ultrasónico, los parámetros de calibración, las propiedades del material y las condiciones de acoplamiento, que también juegan un papel importante en la funcionalidad del sistema.

Un sistema con buena resolución tiene la habilidad de producir, separar y distinguir dos o más indicaciones de reflectores cercanos entre sí, en profundidad y posición.

En aplicaciones donde se requiere una buena resolución axial o en distancia es común seleccionar transductores de alto amortiguamiento, por ejemplo del tipo Videoscan.

La configuración específica del transductor también tiene un gran impacto en la funcionalidad del sistema. Esta consideración es aplicable por ejemplo en la selección de transductores ya sea focalizados que resiste al desgaste.

Por último la selección adecuada de la frecuencia y el diámetro del transductor.

En muchas ocasiones el transductor es seleccionado para resaltar ya sea la sensibilidad o la resolución del sistema, por ejemplo:

Un sistema con buena sensibilidad tiene la habilidad de detectar discontinuidades pequeñas a una distancia dada dentro del material, en muchos casos donde se requiere una buena sensibilidad se seleccionan transductores de bajo amortiguamiento, por ejemplo del tipo Accuscan S.

Un alto grado de amortiguamiento ayuda al tiempo de recuperación del transductor y le permite al sistema resolver reflectores cercanos a la interfase de entrada.

Por otro lado, son la mejor selección en inspecciones donde se requiere mejorar la relación señal-ruido en materiales que producen atenuación o dispersión del ultrasonido.

## ANCHO DE BANDA

El material de respaldo determina el ancho de banda de un transductor.

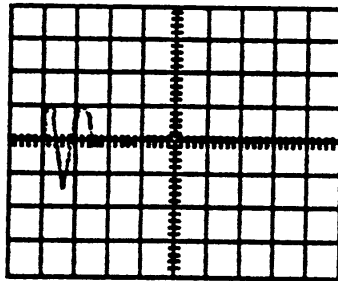
Transductor de banda ancha. El cristal está fuertemente amortiguado y se producen pulsos cortos.

Sus características son las siguientes:

- Reducción del campo muerto
- Pulsos de corta duración, uno o dos ciclos
- Gran poder de resolución
- Menor sensibilidad
- Menor poder de penetración
- Mejor relación señal-ruido

### **BANDA ANCHA**

*Forma de la onda / pulso*



*Mediciones por ASTM F. 1065*

*Frecuencia pico 5.10 MHz*

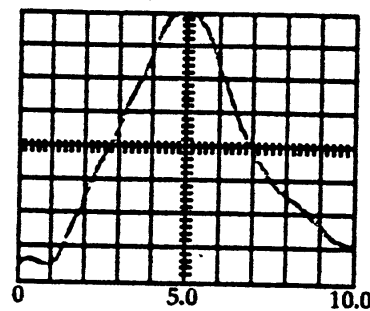
*Frecuencia central 4.90 MHz*

*Frecuencia inferior 2.75 MHz*

*Frecuencia superior 7.00 MHz*

*Ancho de banda 4.25 MHz*

*Espectro de frecuencias*



## ANCHO DE BANDA

Transductor de banda angosta. El cristal está ligeramente amortiguado y se producen pulsos largos.

Sus características son las siguientes:

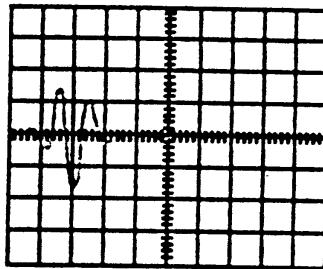
- Incremento del campo muerto.
- Pulsos de larga duración, tres a cinco ciclos.
- Mayor sensibilidad.
- Mayor poder de penetración.

PANAMETRICS fabrica tres tipos de transductores de acuerdo al grado de amortiguamiento:

- ACCUSCAN “S” (Bajo amortiguamiento)
- ACCUSCAN “R” (Medio amortiguamiento)
- VIDEOSCAN (Alto amortiguamiento)

## **BANDA ANGOSTA**

*Forma de la onda/pulso*



Mediciones por ASTM E 1065

Frecuencia pico 4.97 MHz

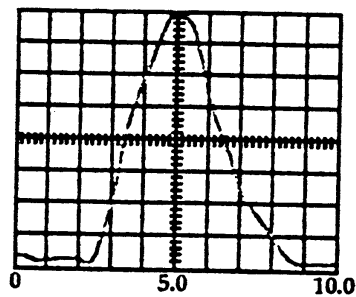
Frecuencia central 4.95 MHz

Frecuencia inferior 3.40 MHz

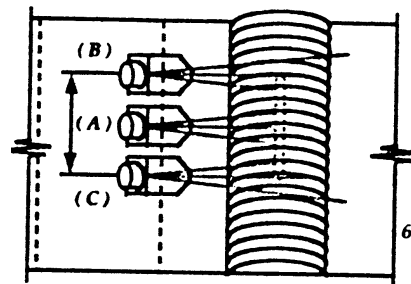
Frecuencia superior 6.50 MHz

Ancho de banda 3.10 MHz

*Espectro de frecuencias*

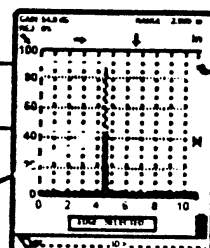
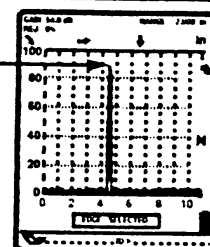


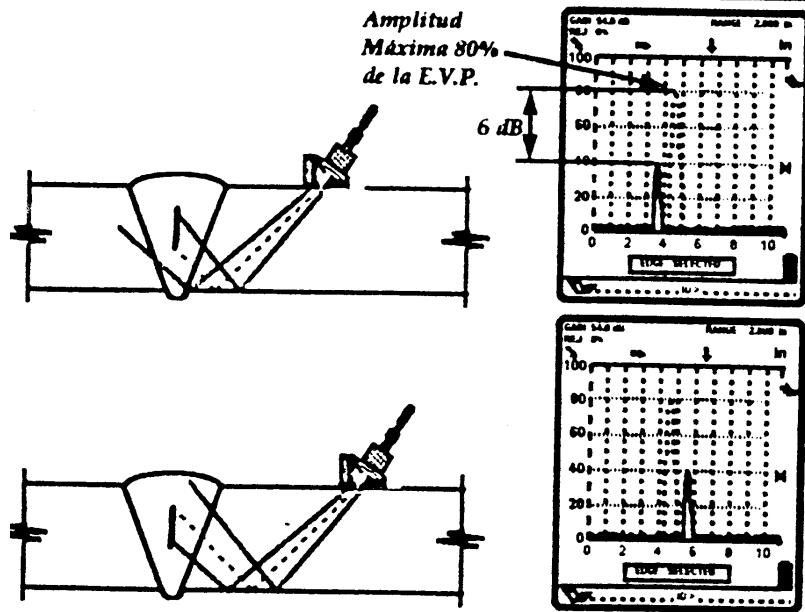
*Técnica de  
caída de 6 dB*



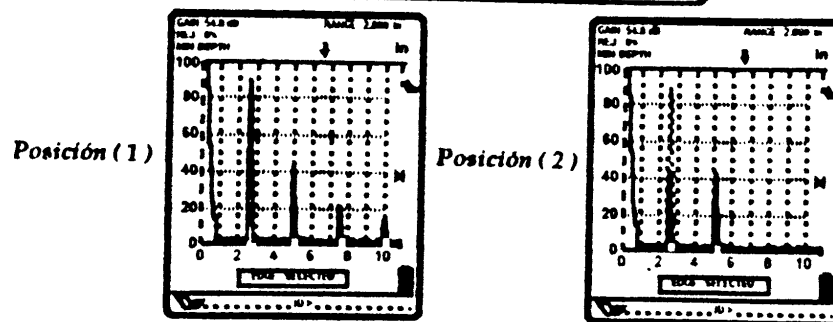
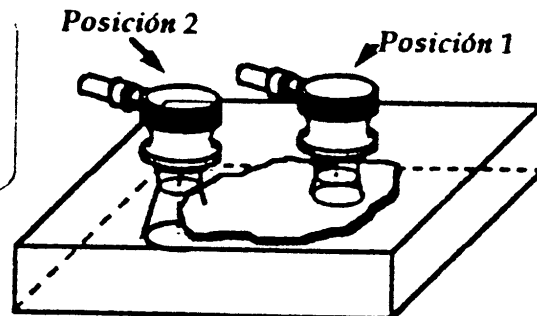
Posición (B) y (C)  
Amplitud de 45%  
de la E.V.P.

Posición (A)  
Amplitud  
Máxima 90%  
de la E.V.P.





*Técnica de caída de amplitud para discontinuidades mayores*



# CALIBRACION DEL EQUIPO

En la inspección por ultrasonido la calibración corresponde a:

La práctica de ajustar la ganancia, el barrido y el rango, y de controlar el impacto que otros parámetros del instrumento y la configuración de la pieza de prueba puedan tener en la interpretación confiable de las señales ultrasónicas.

**Ajuste de Ganancia :** Normalmente se establece ajustando la altura vertical de los ecos en la pantalla del equipo, a un nivel predeterminado. Este nivel puede ser el requerido por un documento y basado en la respuesta de reflectores estándar en materiales similares a los que serán inspeccionados.

La ganancia se ajusta para que se compare el nivel de referencia con un eco de interés, con el fin de decidir si el reflector es de consideración y , además, porque ayuda en la determinación del tamaño del reflector.

**Ajuste de distancia de barrido:** Se ajusta en términos de “**recorrido del ultrasonido**”.

Donde el recorrido del ultrasonido corresponde a la distancia, dentro del material que será inspeccionado, desde la superficie de entrada hasta la posición en la que se encuentra el reflector.

La distancia de barrido se establece con el fin de que pueda ser determinada la localización del reflector.

Existen varios tipos de reflectores de referencia comúnmente utilizados como base para establecer: la **sensibilidad** o la **funcionalidad del sistema**.

Los reflectores de referencia incluyen: Ranuras, barrenos de fondo plano, barrenos laterales y otros de diseños especiales.

En general, los reflectores de referencia tienen el propósito de establecer una correlación entre la amplitud de la señal y el área del reflector, esto significa que si la amplitud del eco de una falla es igual a la amplitud del eco del reflector de referencia se asume que la falla es al menos tan grande como el reflector de calibración.

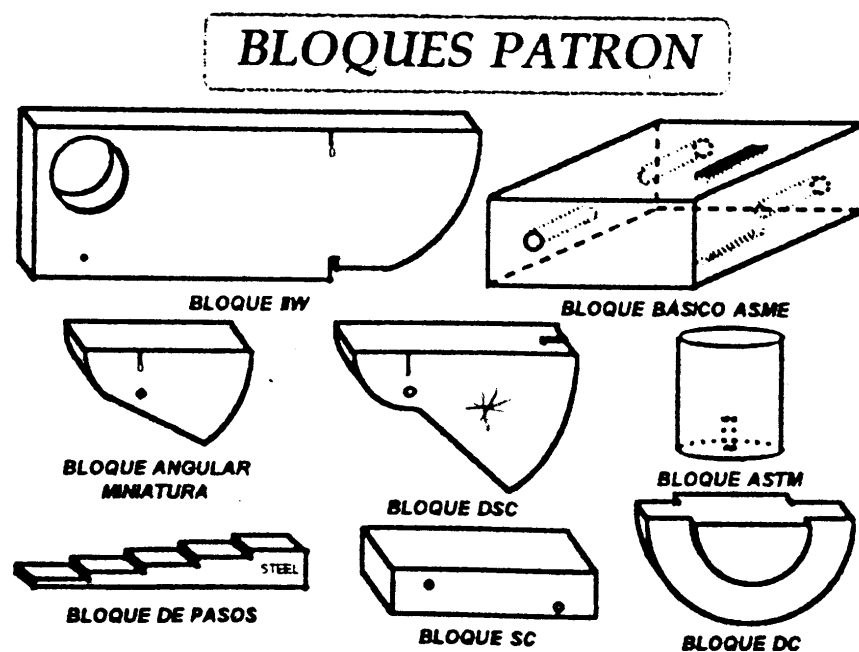
# BLOQUES PATRON

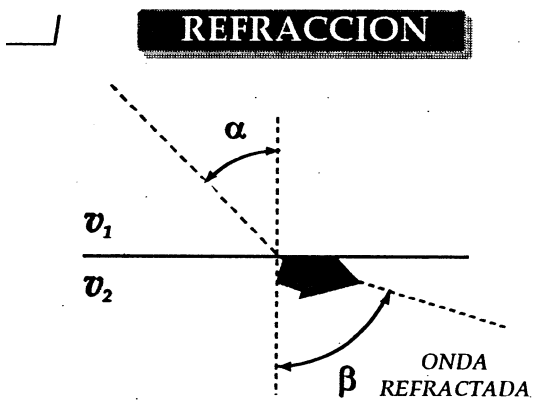
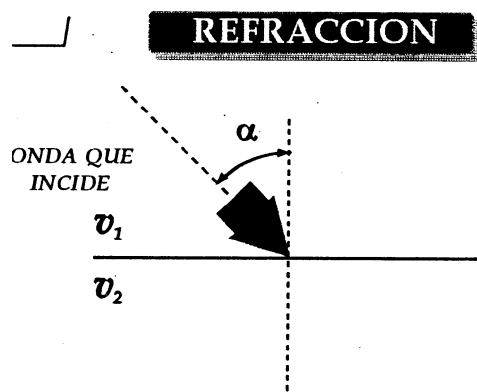
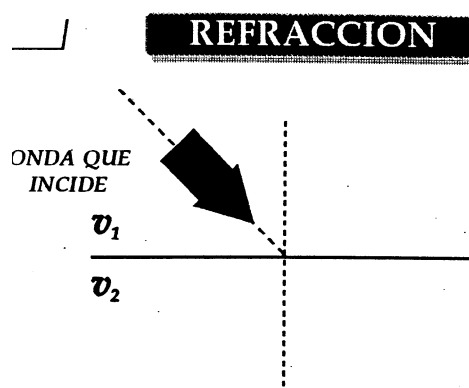
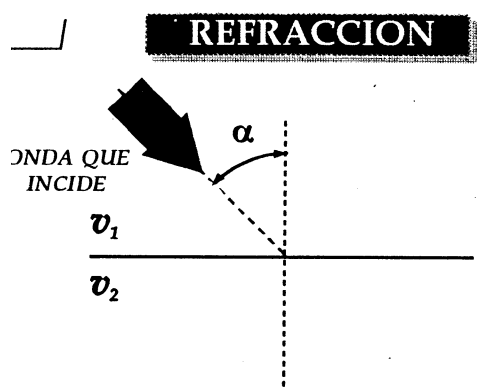
El ajuste de los controles básicos del equipo ultrasónico se facilita por el uso de varios tipos y juegos de bloques estándar.

Existe un gran número de bloques disponibles comercialmente, que son usados para el ajuste de la distancia de barrido, sensibilidad y resolución.

Se incluye a los bloques: IIW, DSC, DC, SC, AWS RC.

Otros bloques especiales son utilizados en respuesta a los requisitos de especificaciones y Códigos, basados en la construcción de bloques utilizando materiales de la misma naturaleza que los inspeccionados.







## **A1.- CODIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES**

El técnico en ensayos no destructivos calificado como Nivel II o Nivel III debe estar familiarizado con el manejo e interpretación de códigos, normas y especificaciones que sean aplicables al método en el que está calificado. Este requisito es debido a que deben ser capaces de elaborar procedimientos escritos e interpretar los resultados de la inspección en función de los requisitos que serán tomados de los códigos, normas o especificaciones aplicables al producto o material inspeccionado.

A continuación se proporciona una breve explicación de las diferencias entre ellos.

### **CODIGO**

Es el documento que define los requisitos técnicos de: materiales, procesos de fabricación, inspección, prueba y servicio; con los que debe cumplir una parte, componente o equipo.

Algunos ejemplos de Código son:

- **ANSI/ASME** Boiler and Pressure Vessel Code. (Código para Recipientes a Presión y Calderas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- **ASNI/AWS D.1.1** Structural Welding Code (Código de Soldaduras Estructurales de la Sociedad Americana de Soldadura).
- **ANSI/ASME B31** Piping Code (Código de tuberías de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- **ANSI/API 570** Piping Inspection Code (Código para Inspección de Tuberías del Instituto Americano del Petróleo).

Los Códigos se aplican o se siguen, de forma obligatoria, sólo cuando así se establece en un contrato de compra-venta, o en la fabricación de una parte, componente o equipo.

Los Códigos americanos que llevan las siglas ANSI son documentos normativos nacionales oficiales en los E.U.A.

Los códigos no se combinan o sustituyen entre sí.

## **NORMAS (ESTANDARES)**

Son los documentos que establecen y definen las reglas para:

- Adquirir, comprar, dimensionar o juzgar un servicio, material, parte, componente o un producto.
- Establecer: definiciones, símbolos o clasificaciones.

Algunos ejemplos de normas son:

- Normas ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
- Normas Internacionales ISO (Organización Internacional de Normalización)
- Normas Mexicanas NMX
- Normas Alemanas DIN
- Normas de PEMEX ( A VIII – 1,07.3.13, etc.)

## **ESPECIFICACIONES**

Describen, definen y establecen:

- De forma detallada, un servicio, material o un producto.
- Las propiedades físicas o químicas de un material.
- La forma en la cual deben realizarse las pruebas, inspecciones, etc., y las tolerancias aplicables en los resultados, para la aceptación o rechazo.
- Establecen la forma de realizar la compra de un servicio, material o un producto.

Tienen condiciones que deben ser establecidas por el comprador o que pueden ser aplicadas por el vendedor, a su consideración.

- Especificaciones API – API Spec. 6A, API Spec 6D, etc.
- Especificaciones particulares de los clientes

Las especificaciones y normas sólo son obligatorias por mutuo acuerdo entre comprador y vendedor.

## **CERTIFICACION**

- La certificación del personal que realiza, monitorea o supervisa las pruebas no destructivas es responsabilidad de la empresa contratante del personal.
- La certificación es el testimonio escrito de la calificación de un individuo.

## **CALIFICACION**

- La calificación es el cumplimiento documento de requisitos de escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (teóricos, prácticos y físicos) establecidos en un procedimiento escrito de la empresa.
- La base para la preparación de tal procedimiento que más se emplea es el documento N° SNT-TC-1A.

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

- Es una práctica recomendada emitida por la A.S.N.T. que proporciona los lineamientos para el programa de calificación y certificación del personal de pruebas no destructivas de una empresa.
- A.S.N.T. American Society for Nondestructive Testing (Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos).

## **NIVELES DE CALIFICACION.**

### **NIVEL I**

- Está calificado para efectuar calibraciones específicas, para efectuar P.N.D. específicas, para realizar evaluaciones específicas y 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 nivel III o su designado.

## **NIVELES DE CALIFICACION.**

### **NIVEL II**

- Está calificado para ajustar y calibrar el equipo, interpretar y evaluar los resultados de prueba con respecto a Código C Normas y Especificaciones. Es capaz de preparar instrucciones escritas y organizar y reportar los resultados de pruebas. Tiene la responsabilidad asignada del entrenamiento en el lugar de trabajo de los niveles I y aprendices.

## **NIVELES DE CALIFICACION.**

### **NIVEL III**

- Está calificado para ser el responsable de establecer la técnica a ser empleada. Interpretar códigos, normas y especificaciones y de acuerdo con ello, establecer el método de prueba y la técnica a utilizarse para satisfacer los requisitos de los mismos. Debe tener respaldo práctico en tecnología de materiales y procesos de manufactura y estar familiarizado con otros métodos de P.N.D. comúnmente empleados. Es el responsable del entrenamiento y exámenes de niveles I y II para su calificación.

## **REQUISITOS MINIMOS PARA LA CALIFICACION EN UT NIVEL I**

- Escolaridad mínima de preparatoria terminada o equivalente.
- Experiencia mínima de tres meses en U.T.
- Entrenamiento teórico - práctico mínimo de 40 horas.
- Pasar con un promedio simple mínimo de 80% tres exámenes.
  - General
  - Específico
  - Práctico
- Cada examen debe pasarse con una calificación mínima de 70%
- Pasar un examen físico

---

**A2.-ASME SECCION VIII**

**APENDICE 12**

**INSPECCION ULTRASONICA DE SOLDADURAS**

## **APENDICE 12**

### **INSPECCIÓN ULTRASÓNICA DE SOLDADURAS (UT)**

#### **12-1 ALCANCE**

(a) Este Apéndice describe los métodos que deben ser empleados cuando la inspección ultrasónica de soldaduras sea especificada en esta División.

(b) El Artículo 5 de la Sección V debe ser aplicado para cumplir con los requisitos detallados de cada método, procedimiento y calificaciones, a menos que se especifique otra cosa en este Apéndice.

(c) La inspección ultrasónica debe realizarse de acuerdo con un procedimiento escrito, certificado por el Fabricante que esté de acuerdo con los requisitos del párrafo T-150 de la Sección V.

#### **12-2 CERTIFICACIÓN DE LA COMPETENCIA DEL PERSONAL QUE REALICE LAS PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS**

El Fabricante debe certificar que el personal que realice y evalúe las inspecciones ultrasónicas requeridas por esta División ha sido calificado y certificado de acuerdo con la práctica escrita del empleador. SNT-TC-1A debe ser usada como guía para que el empleador establezca su propia práctica escrita para la calificación y certificación de su personal. Las provisiones para el adiestramiento, experiencia, calificación y certificación del personal de END deben ser descritas en el Sistema de Control de Calidad del Fabricante (ver Apéndice 10).

#### **12-3 CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.**

Este estándar debe ser aplicado a menos que otro estándar sea indicado para aplicaciones específicas dentro de esta División.

Todas las imperfecciones que produzcan una reflexión mayor al 20% del nivel de referencia, deben ser investigadas para determinar la forma, identidad y localización de tales imperfecciones y evaluarlas en términos de los criterios de aceptación mencionados en los párrafos siguientes:

(a) Son inaceptables indicaciones interpretadas como grietas o fracturas de cualquier tipo, faltas de fusión o penetración incompleta. Sin importar su longitud.

(b) No se permiten otro tipo de imperfecciones, diferentes a las indicadas en el párrafo anterior cuyas indicaciones excedan el nivel de amplitud de referencia y que, además, su longitud exceda de:

- (1)  $\frac{1}{4}$ " para t hasta  $\frac{3}{4}$ ;
- (2)  $\frac{1}{3}$ " t para t de  $\frac{3}{4}$ " a 2  $\frac{1}{4}$ ";
- (3)  $\frac{3}{4}$ " para t mayor de 2  $\frac{1}{4}$ ".

Donde "t" es el espesor de la soldadura, excluyendo cualquier refuerzo. En soldaduras a tope que unen dos miembros que tienen diferentes espesores, "t" es el espesor del miembro más delgado. Si la soldadura de penetración completa incluye una soldadura de filete, el espesor de la garganta del filete deberá ser incluido en "t".

#### **12-4 REPORTE DE INSPECCIÓN**

El fabricante debe preparar un reporte de la inspección ultrasónica y una copia debe ser retenida por él hasta que Reporte de Datos sea firmado por el Inspector. El reporte debe contener la información requerida por la Sección V. Además, debe existir un registro de las áreas reparadas así como los resultados de las re-inspecciones. El fabricante debe mantener un registro de todas las reflexiones de áreas que no sean reparadas y que tengan respuestas que excedan el 50% del nivel de referencia. Este registro debe indicar la localización de cada área, el nivel de respuesta, las dimensiones, la profundidad y la clasificación.

**A3.- ASME SECCION V**

**ARTICULO 5**

**METODOS DE EXAMEN ULTRASONICO PARA  
MATERIALES Y FABRICACION**

# ARTICULO 5

## MÉTODOS DE EXAMEN ULTRASÓNICO PARA MATERIALES Y FABRICACIÓN

### T-510 ALCANCE

Este artículo describe o hace referencia a los requisitos que serán usados en la selección y desarrollo [ver T-110 (c)] de procedimientos de examen ultrasónico de soldaduras, partes, componentes, materiales y determinación de espesores. Este Artículo contiene todos los requisitos técnicos básicos y la metodología para el examen ultrasónico. Cuando el examen de acuerdo con cualquier parte de este artículo es un requisito de una Sección de referencia del Código, se deberá consultar esa Sección de referencia del Código para establecer los requisitos específicos para lo siguiente:

Requisitos para la Calificación/Certificación del Personal.

Requisitos y/o Técnicas para el Procedimiento.

Características del Sistema de Examen.

Retención y Control de los Bloques de Calibración.

Criterios de Aceptación para Utilizarse en la Evaluación.

Extensión y Retención de los Registros.

Requisitos para los Reportes.

Extensión del Examen y/o Volumen a ser Barrido.

procedimiento debe incluir por lo menos la información siguiente, lo que sea aplicable:

(a) tipos y configuraciones de soldaduras o materiales que van a ser examinados, incluyendo espesor y forma de producto (fundición, forja, placa, etc.);

(b) la superficie o superficies desde la cual se efectuará el examen;

(c) condición superficial;

(d) acoplante, nombre comercial o tipo;

(e) técnica (haz recto, haz angular, contacto y/o inmersión;

(f) ángulos y modo(s) de propagación de onda en el material;

(g) tipo de palpador, frecuencia(s), y tamaño(s) de transductor;

(h) palpadores especiales, zapatas;

(i) tipo de instrumento(s) ultrasónico(s);

(j) descripción de los bloques y técnicas de calibración;

(k) dirección y extensión del barrido;

(l) datos que serán registrados y método de registro (manual o mecánico);

(m) alarma automática y equipo de registro, o ambos;

(n) barrido giratorio, envolvente o mecánico; y

(o) Limpieza posterior al examen.

### T-520 REQUISITOS GENERALES

#### T-521 Requisitos Básicos y Terminología Usada

Cuando este Artículo es especificado por una Sección de referencia del Código, el método ultrasónico descrito en este Artículo se deberá utilizar junto con el Artículo 1, Requisitos Generales. Las definiciones de los términos usados en este Artículo están localizadas en el Apéndice Mandatorio III de este Artículo. Cuando se refiera a documentos SA, SB y SE, estos documentos se localizan en el Artículo 23.

#### T-522 REQUISITOS PARA EL PROCEDIMIENTO ESCRITO

El examen ultrasónico debe efectuarse de acuerdo con un procedimiento escrito. Cada

#### T-523 Requisitos Generales del Examen, Excepto para la Medición de Espesores.

**T-523.1 Cobertura del examen.** El volumen debe examinarse moviendo el palpador sobre la superficie de examen de tal manera que se inspeccione el volumen completo. En cada paso del palpador debe trasladarse por lo menos el 10% de la dimensión perpendicular del transductor (elemento piezo-eléctrico) a la dirección del barrido.

**T-523.2 Velocidad de Movimiento del Palpador.** La velocidad de movimiento de palpador para el examen no debe exceder de 6 pulg/seg. a menos que la calibración sea verificada a la velocidad del barrido.



**T-523.3 Nivel de sensibilidad de Registro.** Tanto para inspección manual como mecanizada, el registro de indicaciones debe efectuarse con respecto al nivel de referencia.

## **T-530 EQUIPO Y ACCESORIOS**

### **T-531.1 Frecuencia**

Este examen debe conducirse con un instrumento ultrasónico de pulso-eco capaz de general frecuencia en un rango de al menos 1 MHz a 5 MHz. Se pueden utilizar instrumentos que operen a otras frecuencias. Se puede demostrar y documentar una igual o menor sensibilidad.

### **T-532 Linealidad de la Altura de la Pantalla**

El instrumento ultrasónico debe proporcionar una presentación vertical línea dentro de  $\pm 5\%$  de la altura total de la pantalla desde el 20% al 80% de la altura de pantalla calibrada (desde la línea de tiempo base al punto al punto de pantalla máximo calibrado). El procedimiento para evaluar la linealidad de la altura de pantalla se proporciona en el apéndice I y debe efectuarse al principio de cada período de uso intenso (o cada 3 meses, cualquiera que sea menor).

### **T-533 Linealidad del Control de Amplitud**

El instrumento ultrasónico debe utilizar un control de amplitud con una exactitud en su rango útil de 20% de la relación de amplitud nominal para permitir la medición de indicaciones más allá del rango lineal de la presentación vertical de la pantalla. El procedimiento para evaluar la linealidad del control de amplitud está dado en el apéndice II y debe efectuarse al principio de cada período de uso intenso (o cada 3 meses, lo que sea menor).

### **T-534 Verificación y Calibración del Equipo**

El funcionamiento adecuado del equipo de examen debe verificarse y el equipo debe calibrarse utilizando como mínimo el patrón de calibración al principio y al final de cada examen, cuando se cambia al personal y en cualquier momento que se sospeche un mal funcionamiento.

Si durante cualquier verificación se determina que el equipo de prueba no está funcionando adecuadamente, todo el producto que ha sido

inspeccionado desde la última calibración válida del equipo debe reinspeccionar.

## **T-536 Palpadores**

(a) Los palpadores pueden contener elementos transductores sencillos o dobles.

(b) Pueden utilizarse palpadores con zapatas contorneadas de contacto para ayudar en el acoplamiento ultrasónico. La calibración debe hacerse con las zapatas de contacto que se utilizarán durante el examen.

## **T-540 APLICACIONES**

### **T-541 Formas del Producto**

**T-541.1 Placa.** Los procedimientos utilizados para el examen ultrasónico de placa deben ser conforme a las siguientes formas aplicables del artículo 23, complementadas por T-510 y T-520, así como T-541.1.1, T-541.1.2 y T-541.1.3.

(a) SA-435/SA-435M Especificación para el examen ultrasónico de placas de acero con haz recto.

(b) SA-577/SA-577M Especificación para el examen ultrasónico de placas de acero con haz angular.

(c) SA-578/SA-578M Especificación para el examen ultrasónico de placas de acero con o sin recubrimiento para aplicaciones especiales utilizando haz recto.

(d) SB-509 Especificación de requisitos suplementarios de placas con aleación de níquel para aplicaciones nucleares.

(e) SB-548 Especificación para el m, todo de inspección ultrasónica estándar de placas de aleación de aluminio para recipientes a presión.

**T-541.1.1 Equipo.** Los requisitos para el equipo deben ser de acuerdo con T-530.

**T-541.1.2 Calibración.** Los requisitos de calibración deben ser de acuerdo con el estándar aplicable de los enlistados en T-341.1, como sea suplantado por la sección de referencia del código.

**T-541.1.3 Examen.** Los requisitos para el examen deben ser de acuerdo con el estándar aplicable de los enlistados en T-541.1. Los exámenes para la aceptación final deben efectuarse después del rolado de la placa a dimensión final y después del tratamiento térmico.

**T-541.2 Forjas y Barras.** Los procedimientos utilizados para examen ultrasónico de forjas y barras deben ser conforme a las siguientes normas aplicables del artículo 23, complementado por T-510 y T-520, complementadas por T-541.2.1, T-541.2.2 y T-541.2.3.

(a) SA-388 Práctica recomendada para la prueba e inspección ultrasónica de formas de acero grueso.

(b) SA-745 Práctica recomendada estándar para el examen ultrasónico de forjas de acero austenítico.

(c) SB-510 Especificaciones de requisitos suplementarios para barras y varillas de aleaciones de níquel para aplicaciones nucleares.

**T-541.2.1 Equipo.** Los requisitos para el equipo deben ser de acuerdo con T-530.

**T-541.2.2 Calibración.** Los requisitos de calibración deben ser de acuerdo con la norma aplicable de las enlistadas en T-541.2.

**T-541.2.3 Examen.** Los requisitos para el examen deben seleccionarse de acuerdo con la norma aplicable de las enlistadas en T-541.2, excepto como se enlista desde a) hasta d).

(a) Todas las forjas y barras deben examinarse por el método ultrasónico, utilizando la técnica de haz recto.

(b) Las forjas de anillo y otras forjas huecas adicionalmente deben examinarse utilizando la técnica de haz angular en dos direcciones circunferenciales, a menos que en el espesor de pared o la configuración geométrica haga impráctico el examen con haz angular.

(c) Adicionalmente a a) y b), las forjas de anillos fabricadas con prácticas de fusión y grano fina para secciones de la carcasa de recipientes, también deben examinarse por la técnica de haz angular en dos direcciones axiales.

(d) Se puede utilizar la técnica de inmersión.

**T-541.3 Productos Tubulares.** Los procedimientos utilizados para el examen ultrasónico de tubería, sistemas de tubería y conexiones deben ser conforme a las siguientes normas aplicables del artículo 23, complementadas por T-510 y T-520, así como T-541.3.1, T-541.3.2 y T-541.3.3.

(a) SB-513 Especificaciones de requisitos complementarios para tubos y tubería sin

costura de aleaciones de níquel para aplicaciones nucleares.

(b) SE-213 Método estándar para la inspección ultrasónica de tubería y sistemas de tubería metálica para la detección de discontinuidades longitudinales.

(c) SE-273 Método estándar para la inspección ultrasónica de soldadura en espiral y longitudinal de tubo y tubería soldada.

**T-541.3.1 Equipo.** Los requisitos deben ser de acuerdo con T-530.

**T-541.3.2 Calibración.** Los requisitos de calibración deben seleccionarse de acuerdo con la norma aplicable de las enlistadas en T-41.3, así como a) y b).

(a) El bloque de calibración debe ser del mismo diámetro, espesor y composición nominales, así como de la misma condición de tratamiento térmico que el producto que está siendo examinado. Los reflectores de calibración deben ser muescas o ranuras axiales en la superficie exterior e interior del bloque de calibración y deben tener una longitud de aproximadamente 1 pulgada o menos, un ancho que no exceda de 1/16" y una profundidad no mayor del más grande de 0.004" ó 5% del espesor nominal de pared. El bloque de calibración puede ser el producto que está siendo inspeccionado.

(b) El bloque de calibración debe ser lo suficientemente largo para simular el manejo del producto que está siendo examinado con el equipo de examen. Cuando se coloca más de un reflector de calibración en un bloque de calibración, el reflector debe localizarse de tal manera que las indicaciones de cada reflector estén separadas y distinguidas, sin interferencia o amplificación mutua.

**T-541.3.3 Examen.** Los requisitos para el examen deben seleccionarse de acuerdo con la norma aplicable de las enlistadas en T-541.3

**T-541.4 Fundiciones.** Cuando se requiera el examen ultrasónico de fundiciones ferríticas por la sección del código de referencia, todas las secciones, independientemente del espesor, deben examinarse de acuerdo con SA-609, complementado por T-510 y T-520, así como T-541.4.1, T-541.4.2 y T-541.4.3.

**T-541.4.1 Equipo.** Los requisitos para el equipo deben ser de acuerdo con T-530, complementados por a) y b).

(a) Los transductores deben ser de 1" ó 1 1/8" de diámetro o 1 pulgada cuadrada máxima.

(b) Para el examen se deben utilizar palpadores de 1 MHz aunque se pueden utilizar otras frecuencias para evaluación si se puede demostrar y documentar igual o mejor sensibilidad.

#### **T-541.4.2 Calibración**

**T-541.4.2.1 Bloques de Calibración.** El bloque o bloques requeridos para establecer la sensibilidad de examen a través del espesor completo de la fundición a ser examinada debe fabricarse de material de la misma especificación, grado, forma de producto, tratamiento térmico y espesor  $\pm 25\%$  de la fundición que va a ser examinada. El acabado superficial del bloque de calibración debe ser representativo de la superficie de examen de la fundición que va a ser examinada.

(a) *Haz recto.* Se deben emplear bloques de calibración que cumplan con los requisitos descritos en T-541.4.2.1 y en SA-609.

(b) *Haz angular.* El bloque básico de calibración debe ser como el mostrado en la Fig. T-541.4.1.2 (b). Se pueden colocar agujeros de mayor o menor diámetro, ranuras en V o cuadradas en el bloque de calibración para proporcionar reflectores de referencia para propósitos de evaluación. Estos agujeros y ranuras adicionales deben ser localizados de tal manera que no interfieran con las respuestas de los reflectores de calibración básicos.

#### **T-541.4.2.2 Método de Calibración**

(a) *Haz recto.* El ajuste de sensibilidad para el examen debe establecerse como se describe en SA-609, excluyendo el párrafo 7.3, sobre el bloque de calibración descrito en T-541.4.2.1 (a).

(b) *Haz angular.* La sensibilidad de examen debe establecerse al 80% de la altura total de pantalla utilizando el barrenado lateral que produzca la mayor amplitud. La curva de corrección distancia amplitud (DAC) debe construirse utilizando las respuestas de los barrenos laterales del bloque de calibración para haz angular (Fig. T-541-4-1-2 b)) cubriendo el rango de distancia en la fundición que va a ser examinada.

**T-541.4.3 Examen.** Los requisitos para el examen deben ser de acuerdo con SA-609 y complementados por (a) y (b).

(a) Se debe efectuar una inspección por haz angular suplementaria en fundiciones o

áreas de fundiciones donde la reflexión de pared posterior no puede ser mantenida durante el examen con haz recto, o donde el ángulo entre la superficie frontal y posterior de la fundición exceda de 15°.

(b) Los requisitos para la extensión del examen y el criterio de aceptación debe ser como se requiera en la sección de referencia del código.

**T-541.5 Material para Embirlado.** Los procedimientos usados para el examen ultrasónico material para embirlado como son birlos, espárragos y tuercas debe ser conforme a los requisitos de SA-388 como sea modificado por los siguientes párrafo. Para la calibración con haz recto se deben usar bloques de calibración de acuerdo con las tablas T-541-5.1 y T-541.5.2. Las tablas T-541.5.1 y T-541-5-2 muestran las relaciones entre el diámetro "d" y longitud "l" del material examinado; y el diámetro "D" y longitud "L" del bloque de calibración. Los agujeros de fondo plano deben ser como se muestran en la Fig. T-541.5.1 barrenados a un mínimo de 1 «" de profundidad en la dirección axial del bloque. El material y acabado superficial del bloque de calibración debe ser igual o equivalente al del embirlado bajo examen.

#### **T-541.5.1 HAZ RECTO, BARRIDO RADIAL**

El material para embirlado debe examinarse radicalmente antes del roscado. El examen debe ser de acuerdo con lo siguiente.

a) *Técnica.* El examen debe efectuarse usando equipo de pulso eco, haz recto con la técnica por contacto o inmersión.

b) *calibración.* La sensibilidad debe establecerse usando la indicación de la reflexión desde la superficie lateral del barrenado del bloque A, en los viajes sónicos radiales de D/4 y 3D/4. Seleccionar la indicación del agujero en el viaje en el metal que proporciona la mayor amplitud y ajustar el control de ganancia para colocar esta indicación al 80%  $\pm$  5% de la altura total de la pantalla. Sin cambiar los controles del instrumento, obtener la máxima amplitud desde los otros viajes en el metal. Marque la amplitud de las indicaciones en el tubo de rayos catódicos, conectar los puntos adyacentes y extienda la DAC para cubrir el rango de examen.

c) *Examen.* El barrido debe efectuarse helicoidal o circunferencialmente en pasos trasladados de tal manera que se cubra completamente la superficie accesible de la barra.

d) evaluación. Cualquier imperfección que cause una indicación en exceso del 20% de la curva de corrección de distancia amplitud deben investigarse en la extensión que puedan evaluarse en términos del criterio de aceptación de la sección de referencia del código.

#### T-541.5.2 HAZ RECTO, BARRIDO AXIAL

El material para birlos debe examinarse axialmente antes o después del roscado. El examen debe conducirse de acuerdo con lo siguiente.

a) Técnica. El examen debe efectuarse desde las dos superficies extremas del material empleando equipo de pulso eco con haz recto y con la técnica por contacto o por inmersión.

b) calibración. La sensibilidad debe ajustarse de tal manera que d, una amplitud del 80% de la altura total de la pantalla del agujero de fondo plano que proporcione la mayor amplitud. Marcar ésta amplitud y la amplitud de los agujeros de fondo plano de los bloques que proporcione menor amplitud sobre la pantalla, conectar con una línea recta extendiéndola hasta la indicación de la superficie de entrada. Esta es la línea DAC. Si el bloque de menor amplitud proporciona menos del 20% de la amplitud de la pantalla completa, preparar un bloque con profundidad de  $1/4 +$  la profundidad del barreno y construir dos líneas DAC para cubrir el rango de paso en el metal en examen. Esto es llevado a cabo ajustando la sensibilidad para general un 80% e la amplitud de la escala completa desde el agujero de fondo plano en el bloque  $1/8 \phi 1/4$  que proporcione la amplitud mayor. Marcar esta amplitud y la amplitud del bloque de menor amplitud sobre la pantalla y conectar las dos marcas con una línea recta extendiéndola hasta la indicación de la superficie de entrada. Registrar el ajuste de sensibilidad que será utilizado en el examen de los cuatro extremos de la longitud del material para birlos. A continuación fijar la sensibilidad para general un 80% de la amplitud de la escala completa desde el agujero de fondo plano en el bloque  $1/4 \phi 1/2$  que proporcione la amplitud mayor. Marcar esta amplitud y la del bloque de menor amplitud sobre la pantalla y conectar las dos marcas con una línea recta. Registrar el ajuste de sensibilidad que será utilizado durante el examen de los dos cuartos medios de la longitud del material para birlos.

c) Examen. Preparación de la superficie. Las superficies de ambos extremos del material para birlos deben ser planos y

normales al eje del birlo. Registrar todas las indicaciones que excedan el 20% de la DAC en el cuarto de la longitud aplicable del ajuste de sensibilidad.

d) evaluación. Cualquier reflector que cause una indicación que exceda del 20% de la DAC debe ser investigada en la extensión que pueda ser evaluada en términos del estándar de aceptación de la sección de referencia del código.

#### T-541.5.3

#### EXAMEN DE BIRLOS Y ESPARRAGOS EN SERVICIO

##### T-541.5.3.1

Cuando el examen de birlos y espárragos en servicio sea especificado por la sección de referencia del código, el examen debe ser realizado de acuerdo con T-541.5.2  $\phi$  T-541.5.3.2.

##### T-541.5.3.2

#### HAZ RECTO, BARRIDO AXIAL

Cuando birlos y espárragos de tamaños especificados por la sección de referencia del código van a ser ultrasónicamente examinados axialmente sobre la superficie del extremo antes o después del roscado, el examen puede ser realizado de acuerdo con lo siguiente.

a) Técnica. El examen debe ser realizado a una frecuencia nominal de 2.25 MHz con un elemento transductor circular no menor de  $1/2$  de di metro y no mayor e  $1 1/8$ " de di metro.

b) calibración. La calibración debe ser establecida en una barra de prueba de la misma composición y diámetro nominal que la parte de producción y en un mínimo de una mitad de la longitud. Un agujero de fondo de  $3/8$ " de diámetro por 3" de profundidad debe ser barrenado en un extremo de la barra y taponado con material similar a su profundidad completa. Una curva de distancia-amplitud debe ser establecida por la exploración desde ambos extremos de la barra de prueba.

c) evaluación de las indicaciones. Cualquier discontinuidad que cause una indicación en exceso de la que es producida por el agujero de calibración en la muestra de referencia corregida por la curva distancia-amplitud debe ser investigada en extensión para que el operador pueda evaluar la forma, identidad y localización de tales reflectores en términos de los estándares de aceptación y rechazo de la sección de referencia del código.

#### T-542

#### SOLDADURAS

Estos párrafos describen los requisitos para el examen ultrasónico de soldaduras de penetración completa en materiales

conformados (rolado, estampado, forjado o extruido) y fundidos.

Estos requisitos son establecidos para la detección ultrasónica, localización y evaluación de reflectores ultrasónicos dentro de las soldaduras, la zona afectada térmicamente y material adyacente. Las dos clasificaciones generales de examen son:

- a) Soldaduras en formas de productos ferríticos diferentes a un tubo.
- b) Soldaduras ferríticas en tubos ferríticos.

Para soldaduras de aceros austeníticos y aleaciones alto contenido de níquel refiérase a T-542-8.5.

T-542.1 EQUIPO. Los requisitos para el equipo deben ser de acuerdo con T-530.

## T-542.2 CALIBRACION

### T-542.2.1 BLOQUES BASICOS DE CALIBRACION

Los reflectores básicos de calibración deben ser empleados para establecer la respuesta de referencia primaria del equipo. Los reflectores de calibración básicos pueden ser localizados bien sea en el material del componente o en un bloque básico de calibración. Cuando el espesor del bloque de calibración sea de  $\approx 1"$  y cubra 2 de los rangos de espesor de soldadura mostrados en la Figura T-542.2.1, el empleo del bloque será aceptable en aquellas porciones de cada rango de espesores cubiertos por una pulgada.

T-542.2.1.1 material del bloque básico de calibración

a) Selección del bloque. El material a partir del cual se fabrique el bloque deberá ser de la misma forma del producto, especificación del material o equivalente al agrupamiento de números P como uno de los materiales a ser inspeccionado. Para los propósitos de este párrafo los números P1, 3, 4 y 5 se consideran equivalentes. Para bloques de calibración para soldaduras de metales disímiles, la selección del material se basará en el material del lado de la soldadura en la cual se va a efectuar la examinación; si la examinación va a ser conducida por ambos lados los reflectores de calibración deberán estar en ambos materiales. Cuando dos o más espesores de material de base están involucrados, el espesor del bloque de calibración debe ser determinado por el espesor promedio de la soldadura.

b) Recubrimiento. Cuando el material del componente está recubierto el bloque debe ser recubierto con el mismo proceso de soldadura que la parte fabricada. Cuando el método automático sea impráctico, la aplicación del recubrimiento debe ser por el método manual. Es deseable tener materiales del componente que hayan sido recubiertos antes de recortarse las extensiones o prolongaciones.

c) Tratamiento térmico. El bloque de calibración debe recibir por lo menos el tratamiento de revenido mínimo requerido por la especificación del material para el tipo y grado y además un tratamiento térmico después de la soldadura de por lo menos dos horas, si el bloque de calibración tienen alguna otra soldadura diferente a un recubrimiento.

d) Acabado superficial. El acabado de las superficies del bloque debe ser representativo de los acabados superficiales de los componentes.

e) Calidad del bloque. La calidad del bloque de calibración debe ser examinada completamente con un palpador de haz recto. Las áreas que contengan una indicación que exceda el remanente de la reflexión posterior deben ser excluidas de las trayectorias del haz requeridas para alcanzar los diferentes reflectores de calibración.

## T-542.3 REFLECTORES DE CALIBRACION

T-542.3.1 Reflectores básicos de calibración. La calibración de los reflectores está especificada en T-542.2.1 y T-542.8.1.2.

T-542.3.2 Reflectores adicionales. Reflectores adicionales pueden ser instalados, estos reflectores no deben interferir con la referencia primaria establecida.

T-542.3.3 Configuración del bloque de calibración. Los requisitos para la configuración del bloque de calibración están especificados en T-542.2.1 y T-542.8.1.1.

T-542.3.4 Materiales con diámetros mayores de 20 pulgadas. Para el examen en materiales donde el diámetro de la superficie de inspección es mayor de 20 pulgadas, se debe utilizar un bloque de esencialmente la misma curvatura o alternativamente, un bloque de calibración básico plano.

T-542.3.5 Materiales con diámetro de 20 pulgadas y menores. El bloque de calibración básico debe ser curvo para materiales con diámetros de 20 pulgadas y menores. Excepto

donde otra cosa se establezca en este artículo, un solo bloque de calibración puede ser utilizado para calibrar para el examen de superficies en el rango de curvatura desde 0.9 hasta 1.5 veces el diámetro del bloque de calibración básico. Por ejemplo, un bloque puede ser utilizado para calibrar para el examen de superficie desde 7.2" hasta 12" de diámetro. El rango de curvatura desde 0.94" hasta 20" requiere de 6 bloques cuyas curvaturas se indican en la figura T-542.3.5 para cualquier rango de espesores.

T-542.3.6 Como una alternativa a los requisitos de T-542.3.4, cuando se inspecciona desde la superficie convexa con la técnica de haz recto, se puede emplear el apéndice A.

#### T-542.4 CALIBRACION DEL SISTEMA

T-542.4.1 Requisitos generales. La calibración debe incluir el sistema completo de examen ultrasónico y debe ser realizado de acuerdo con T-432.1.

T-542.4.2 Mediciones de calibraciones. Cada calibración debe ser efectuada desde la superficie (recubierta o sin recubrir) correspondiente a la superficie del componente desde la cual se va a efectuar el examen.

T-542.4.3 Técnicas. El artículo 4, apéndices B y C, dan técnicas generales para la calibración con haz angular y haz recto. Se pueden utilizar otras técnicas.

T-542.4.4 Calibración con haz angular.

La calibración debe proporcionar, lo que sea aplicable de las siguientes mediciones (el artículo 4, apéndice B contiene una técnica general):

- a) calibración del rango del barrido.
- b) corrección distancia-amplitud
- c) calibración de posición
- d) Mediciones de la amplitud del eco desde la ranura superficial en el bloque de calibración básico.

Cuando se utiliza un dispositivo electrónico de corrección de distancia amplitud, la respuesta de referencia primaria del bloque de calibración básico debe ser ecualizada en el rango de distancia que se empleará en el examen. La línea de respuesta ecualizada debe estar a una altura entre el 40% y 80% de la altura total de la pantalla.

T-542.4.5 Calibración del haz recto.

La calibración debe proporcionar, lo que sea aplicable de las siguientes mediciones (el artículo 4, apéndice C contiene una técnica general).

- a) calibración del rango de barrido.
- b) corrección distancia-amplitud.

Cuando se utiliza un dispositivo electrónico de corrección de distancia-amplitud, la respuesta de referencia primaria del bloque de calibración básico debe ser ecualizada en el rango de distancia que se empleará en el examen. La línea de respuesta ecualizada debe estar a una altura entre 40% y 80% de la altura total de la pantalla.

T-542.4.6 Verificación de la calibración en el bloque de calibración básico.

Cuando sea cambiada cualquier parte del sistema de examen, se debe efectuar una verificación de la calibración en el bloque de calibración básico para asegurar que los puntos 1/4T, 1/2T y 3/4T en la línea de tiempo base y los valores de corrección distancia amplitud registrados satisfacen los requisitos de T-542.5. Cuando existen datos de calibración original para la parte del sistema reemplazado, se puede utilizar una verificación como se permite en T-452.4.

#### T-542.4.7 VERIFICACION DE LA CALIBRACION EN EL BLOQUE DE CALIBRACION BASICO O VERIFICACION CON SIMULADOR

Una verificación de calibración se debe hacer en al menos uno de los reflectores básicos en el bloque de calibración básico o una verificación utilizando un simulador al principio de cada examen o series de exámenes similares, cada cuatro horas durante el examen, y cuando el personal de examen sea cambiado (excepto para equipo automático). Los valores registrados de posición en la línea de tiempo base y de corrección distancia-amplitud deben satisfacer los requisitos de T-542.5\*.

\*El Código marca T-545, y este párrafo no existe.

#### T-542.4.8 VERIFICACION CON SIMULADOR

Cualquier verificación con simulador que sea usada debe ser correlacionada con la calibración original en el bloque de calibración básico durante la calibración original. La verificación con simulador puede utilizar diferentes tipos de reflectores o bloques de calibración (tal como el bloque IIW) y/o simulación electrónica. Sin embargo, la

simulación usada debe estar completamente identificada en la(s) hoja(s) de calibración. La verificación con simulador debe ser hecha en el sistema completo de examen. El sistema completo no tiene que ser verificado en una operación sin embargo, para su verificación el palpador debe estar conectado al instrumento ultrasónico y verificado contra un reflector de calibración. La exactitud de la verificación con simulador debe ser confirmada, usando el bloque de calibración básico, al final de cada período de uso intenso o cada tres meses, lo que sea menor. Se deben cumplir los requisitos para la confirmación de la calibración de T-542.5 y T-542.5.1.

#### **T-542.5 CONFIRMACION DE LA CALIBRACION**

La calibración (T-542.4.3) debe ser realizada antes del uso del sistema en el rango de espesores que se va a examinar. Una confirmación de la calibración debe verificar la calibración del rango de barrido y la corrección de la distancia-amplitud (T-542.4.4 a) ó T-542.4.5 a)) como se define en T-542.4.1.

##### **T-542.5.1 CORRECCION DEL RANGO DE BARRIDO**

Si un punto en la curva DAC se ha movido sobre la línea de barrido más del 10% de la lectura de barrido  $\pm 5\%$  del barrido total, lo que sea mayor, corregir la calibración del rango de barrido y anotar la corrección en el registro de examen. Si existen reflectores registrados en las hojas de datos, esas hojas de datos deben ser anuladas y se debe registrar una nueva calibración. Todas las indicaciones registradas desde la última calibración o verificación de la calibración válida deben ser reexaminadas con la calibración corregida y sus valores deben ser cambiados en la hoja de datos.

##### **T-542.5.2 CORRECCION DE LA DAC**

Si un punto en la curva de corrección distancia amplitud (DAC) ha disminuido 20% ó 2 dB de su amplitud, toda las hojas de datos desde la última calibración o verificación de la calibración debe ser anulados. Una nueva calibración debe ser realizada y registrada; y el área cubierta por los datos anulados debe ser reexaminada. Si cualquier punto de la curva de corrección distancia-amplitud (DAC) se ha incrementado más del 20% ó 2 dB e su amplitud, todas las indicaciones registradas desde la última calibración o verificación de la calibración válida deben ser reexaminadas con la calibración corregida y sus valores deben ser cambiados en las hojas de datos.

#### **T-542.6 SOLDADURAS EN FORMAS DE PRODUCTOS FERRITICOS FORJADOS Y FUNDIDOS EXCLUYENDO TUBERIA**

##### **T-542.6.1 CALIBRACION BASICA**

###### **T-542.6.1.1 BLOQUE DE CALIBRACION BASICO**

El bloque de calibración básico debe ser como se especifica en T-542.2.1 y debe utilizar barrenos laterales como reflectores de calibración Ver la figura T-542.2.1.

###### **T-542.6.1.2 CALIBRACION CON HAZ ANGULAR**

La calibración con haz angular debe realizarse como se describe en el artículo 4, apéndice B, complementado con los siguientes:

###### **T-542.6.1.3 FRECUENCIA**

La frecuencia nominal debe ser 2.25 MHz a menos que variables tales como la estructura del grano del material de producción requiera el uso de otras frecuencias para asegurar una penetración adecuada o mejor resolución.

###### **T-542.6.1.4 HAZ ANGULAR**

Se debe seleccionar un ángulo que sea apropiado para la configuración que esta siendo examinada.

###### **T-542.6.1.5 EXCEPCION DE LA CORRECCION DE LA DISTANCIA-AMPLITUD (DAC)**

La DAC no será requerida cuando el examen está, limitado a la mitad el viaje en "V" en un material con menos de 1 pulgada de espesor, en cuyo caso se deberá usar el nivel de amplitud de un solo reflector de calibración.

###### **T-542.6.1.6 CALIBRACION CON HAZ RECTO**

La calibración y examen con haz recto debe efectuarse de acuerdo con el artículo 4, apéndice C, complementado con lo siguiente:

###### **T-542.6.1.7 FRECUENCIA**

##### **T-542.7 INSPECCION DE SOLDADURAS**

###### **T-542.7.1 PREPARACION DE LA SUPERFICIE**

**T-542.7.1.1 METAL BASE.** El metal base en cada lado de la soldadura debe de estar libre de salpicaduras de soldadura, irregularidades de superficie, o de material extraño que pudiera interferir con el examen.

**T-542.7.1.2 METAL DE LA SOLDADURA.**  
Donde la superficie de la soldadura interfiera con el examen, la soldadura debe ser preparada según se necesite para permitir el examen.

**T-542.7.2 EXPLORACION (BARRIDO)**

**T-542.7.2.1 HAZ RECTO.** La exploración del metal base adyacente debe realizarse para detectar reflectores que puedan afectar la interpretación de los resultados por haz angular, y no es usada como un examen de aceptación-rechazo. Las localizaciones y áreas de tales reflectores deberán ser registradas.

**T-542.7.2.2** La soldadura y el metal de base deberán ser exploradas, donde sea requerido por la sección de referencia del código, abarcando toda el área que sea posible con el haz angular del palpador.

La exploración debe ser realizada a un ajuste de ganancia de al menos dos veces el nivel de referencia primario. La evaluación debe ser realizada con respecto al nivel de referencia primario.

**T-542.7.2.3** Exploración con haz angular para reflectores orientados paralelamente a la soldadura

El haz angular debe ser dirigido a aproximadamente ángulos rectos con respecto al eje de la soldadura desde dos direcciones donde sea posible. El palpador debe ser manipulado de tal manera que la energía ultrasónica pase a través del volumen requerido de la soldadura y del metal base adyacente. La exploración debe ser realizada a un ajuste de ganancia de al menos dos veces del nivel de referencia primario. La evaluación debe ser realizada con respecto al nivel de referencia primario.

**T-542.7.2.4 EXPLORACION CON HAZ ANGULAR PARA REFLECTORES ORIENTADOS TRANSVERSALMENTE A LA SOLDADURA**

El haz angular debe ser dirigido esencialmente paralelo al eje de la soldadura desde dos direcciones donde sea posible. El palpador debe ser manipulado de tal manera que la energía ultrasónica pase a través del volumen requerido de la soldadura y del metal base adyacente. La exploración debe ser realizada a un ajuste de ganancia de al menos dos veces del nivel de referencia primario. La evaluación debe ser realizada con respecto al nivel de referencia primario. El palpador debe ser rotado 180° y el examen debe repetirse.

**T-542.7.2.5 EVALUACION**

Cualquier imperfección que ocasione una indicación que exceda del 20% de la DAC deberá ser investigada en la extensión que pueda ser evaluada en términos del estándar de aceptación de la sección de referencia del código.

**T-542.8 SOLDADURAS FERRITICAS EN TUBERIAS FERRITICAS**

**T-542.8.1 CALIBRACION BASICA**

**T-542.8.1.1 BLOQUE DE CALIBRACION BASICO (VER FIG. T-542.8.1.1)**

El bloque de calibración básico para soldaduras debe ser una sección del tubo del tamaño nominal cédula, tratamiento térmico, y especificación del material o grupo de número P equivalente que el material que esta siendo examinado. Para los propósitos de este párrafo, los materiales con números P 1, 3, 4 y 5 son considerados equivalentes. El tamaño del bloque y las localizaciones de los reflectores deben ser adecuados para efectuar la calibración con los haces angulares empleados. El acabado de la superficie del bloque de calibración debe ser representativo del acabado de la superficie de la tubería.

**T-542.8.1.2 REFLECTORES BASICOS DE CALIBRACION**

Los reflectores básicos de calibración deben ser longitudinales y con ranuras circunferenciales en las superficies interior y exterior. Los tamaños y localizaciones de los reflectores de calibración son mostrados en la fig. T-542.8.1.1.

**T-542.8.2 CALIBRACION DEL HAZ ANGULAR**

**T-542.8.2.1 FRECUENCIA**

La frecuencia nominal debe ser 2.25 MHz, a menos que debido a la atenuación o a la necesidad de una mayor resolución se tenga que utilizar alguna otra frecuencia más adecuada.

**T-542.8.2.2** El haz angular nominal de 45 grados deberá generalmente ser usado, pero se pueden emplear otros ángulos apropiados de acuerdo a la configuración que está siendo examinada.

**T-542.8.2.3 CORRECCION DISTANCIA-AMPLITUD (DAC)**



La curva de DAC es requerida para todas las soldaduras de tubería. Para el examen del espesor completo de pared, se deben utilizar ranuras como reflectores de calibración. El haz angular debe ser dirigido hacia el reflector de calibración que genere la máxima respuesta, ajuste el instrumento a una altura de pantalla del 80%. Enseguida, el palpador debe ser manipulado sin cambios en los ajustes del instrumento para obtener las respuestas máximas de los reflectores de calibración en los incrementos de distancia necesarios para generar una curva DAC con 3 puntos.

#### **T-542.8.2.4 SELECCION DE LOS REFLECTORES DE CALIBRACION**

Un barrenado lateral puede ser usado para la aceptación inicial de una soldadura de tubería, siempre que se pueda demostrar que el barrenado produce igual o mayor sensibilidad que la calibración con una ranura.

#### **T-542.8.2.5 CALIBRACION CON HAZ RECTO**

El examen con haz recto, cuando sea requerido por la sección de referencia del código o si es necesario para evaluar una indicación haz angular, debe ser calibrado en los barrenos laterales del bloque de calibración básico. Cuando se requiera, la calibración con haz recto debe efectuarse de acuerdo a los requisitos del artículo 4, apéndice C.

#### **T-542.8.3 EXAMEN DE LAS SOLDADURAS DE LA TUBERIA**

##### **T-542.8.3.1 PREPARACION DE LA SUPERFICIE**

La preparación de la superficie debe ser efectuada de acuerdo a los requisitos de T-542.7.2.1.

##### **T-542.8.4 EXPLORACION DE LAS SOLDADURAS DE LA TUBERIA**

###### **T-542.8.4.1 HAZ RECTO**

Cuando se requiera la exploración con haz recto, se deberá efectuar de acuerdo a los requisitos de T-542.7.2.1.

###### **T-542.8.4.2 HAZ ANGULAR**

La exploración con haz angular de soldaduras de tubería debe ser efectuada de acuerdo a los requisitos de T-542.7.2.3 y T-542.7.2.4.

###### **T-542.8.4.3 EVALUACION**

Cualquier imperfección que ocasione una indicación que exceda del 20% e la DAC deberá ser investigada en la extensión que

pueda ser evaluada en términos del estándar de aceptación de la sección de referencia del código.

#### **T-542.8.5 SOLDADURAS AUTENTICAS Y ALEACIONES DE ALTO CONTENIDO DE NIQUEL**

##### **T-542.8.5.1 DISCUSION**

El examen ultrasónico de soldaduras austeníticas y aleaciones de alto contenido de níquel es generalmente más difícil que en materiales ferríticos por las variaciones amplias que pueden ocurrir en las propiedades acústicas de soldaduras austeníticas y aleaciones de alto contenido de níquel, aún en aleaciones de la misma composición, forma de producto y tratamiento térmico. Se puede, de ser necesario modificar y/o complementar las previsiones de este artículo de acuerdo con T-110(c) cuando se examinan tales soldaduras.

#### **T-543 RECUBRIMIENTOS**

Las técnicas ultrasónicas de pulso-eco descritas en estos párrafos deben ser utilizadas cuando se requiera el examen ultrasónico de recubrimientos metálicos soldados por la sección de referencia del Código. El examen de recubrimientos unidos por rolado o por explosión debe efectuarse de acuerdo con SA-578 cuando sea requerido por la sección de referencia del código.

Las técnicas descritas aquí debe ser utilizadas para el examen de recubrimientos depositados por soldadura. La técnica uno debe ser usada para examinar indicaciones de falta de unión y fallas en el recubrimiento o la técnica dos debe ser usada para examinar faltas de unión.

##### **T-543.1.1 EQUIPO PARA LA TECNICA UNO**

Se puede emplear palpadores de doble cristal utilizando una técnica de emisor-receptor angulado. El ángulo incluido entre los pasos del haz debe ser tal que la sensibilidad máxima el palpador está en el área de interés. El área total del transductor no deberá exceder de 1/2 pulgada cuadrada. Se debe emplear una frecuencia nominal de 2.25 MHz; sin embargo, se pueden utilizar otras frecuencias para obtener la resolución necesaria.

##### **T-543.1.2 EQUIPO PARA LA TECNICA DOS**

Se deben emplear palpadores de haz recto con un área máxima del transductor de 1 pulgada cuadrada. Se debe emplear una frecuencia nominal de 2.25 MHz, sin embargo, se pueden utilizar otras frecuencias para obtener la resolución necesaria.

#### T-543.1.3 BLOQUE DE CALIBRACION PARA LA TECNICA UNO

Se debe utilizar un bloque de calibración recubierto por el mismo procedimiento de soldadura que la parte de producción. La condición superficial debe ser representativa de la arte de producción. Se debe hacer un barreno lateral de 1/16 de pulgada de diámetro por 1 1/2 pulgada mínimo de profundidad en la interfase del recubrimiento; o barrenar un agujero de fondo plano de 1/8 de pulgada de diámetro a través del metal base hasta la interfase del recubrimiento. Los espesores del material base deben ser de al menos 2 veces los espesores del recubrimiento. El bloque de calibración es mostrado en la Fig. T-543.2.

#### T-543.1.4 BLOQUE DE CALIBRACION PARA LA TECNICA DOS

Para el examen de la unión del recubrimiento, se debe utilizar un bloque de calibración recubierto por el mismo procedimiento de soldadura que el de la parte de producción. La condición superficial deberá ser representativa de la del recubrimiento de la parte de producción. Se debe barrenar un agujero de fondo plano de 3/8 de pulgada en la interfase de recubrimiento. Este agujero puede barrenarse desde el metal base o desde el metal de recubrimiento. Se pueden utilizar otros reflectores de calibración siempre que se demuestre que se obtiene igual o mayor sensibilidad. Los espesores del bloque de los materiales base en el bloque de calibración deben ser al menos dos veces los espesores de los recubrimientos, cuando se examine desde la superficie recubierta.

#### T-543.2 CALIBRACION

##### T-543.2.1 CALIBRACION PARA LA TECNICA UNO

La calibración deberá ser realizada colocando el palpador sobre la superficie recubierta del bloque de calibración y manipulado el palpador hasta obtener la máxima respuesta del agujero de calibración. El control de ganancia debe ser ajustador de tal manera que la respuesta esté al 80% + 5% del total de la pantalla. Este es el nivel de referencia primario.

##### T-543.2.2 CALIBRACION PARA LA TECNICA DOS

La calibración debe ser llevada a cabo colocando el palpador en el bloque de calibración en el lado opuesto desde el que se

barreno el agujero. El palpador debe ser manipulado de tal manera que se obtenga la máxima respuesta de la primera indicación desde el fondo del agujero de calibración. La ganancia deberá ser ajustada de tal manera que esta respuesta esté al 80% + 5% del total de la pantalla. Este debe ser el nivel de referencia primario.

#### T-543.3 EXAMEN

##### T-543.3.1 TECNICA UNO

a) Área del examen. Todo el recubrimiento de la superficie deberá ser examinado hasta donde sea práctico. El examen deberá ser realizado con el plano que separa los elementos de las unidades palpadoras paralelo al eje del cordón de soldadura. El examen debe ser efectuado desde la superficie recubierta.

b) Sensibilidad de la exploración. La exploración debe ser efectuada al nivel de referencia primario.

c) Evaluación. Todas las indicaciones deberán ser evaluadas al nivel de referencia primario.

d) Dirección de la exploración. La superficie recubierta debe ser explorada moviendo el palpador perpendicularmente a la dirección de la soldadura.

##### T-543.3.2 TECNICA DOS

a) Área del examen. Como sea requerido por la sección de referencia del código.

b) Sensibilidad de la exploración. La exploración debe ser efectuada a una ganancia mayor que la del nivel de referencia primaria.

c) La exploración debe efectuarse sobre la superficie recubierta cuando la calibración sea efectuada sobre la superficie recubierta. La exploración debe ser efectuada sobre la superficie no recubierta cuando la calibración sea efectuada sobre la superficie no recubierta.

d) Evaluación. Todas las indicaciones deben ser evaluadas al nivel de referencia primario.

#### T-544 MEDICION DE ESPESORES

Los procedimientos de examen ultrasónico utilizados para la determinación de espesores deben ser conforme a las siguientes normas del artículo 23, que sean aplicables:

a) SE-114 Práctica recomendada para la prueba ultrasónica de pulso-eco con haz recto por el método de contacto.

b) SE-214 Práctica estándar para la prueba ultrasónica de inmersión por el método de

reflexión usando ondas longitudinales pulsadas.

c) SE-797 Práctica estándar para la medición de espesores por el método ultrasónico e contacto manual.

#### T-544.1 EQUIPOS

Los requisitos del equipo serán de acuerdo con T-530 y complementados como sigue:

a) Frecuencia. La medición de espesores puede ser conducida a cualquier frecuencia capaz de resolver el rango de espesores a ser medido.

b) La medición de espesores debe ser indicada por un tubo de rayos catódicos, un medidor o una pantalla digital.

c) SE-797 Práctica estándar para la medición de espesores por el método ultrasónico de contacto manual.

#### T-544.1 EQUIPOS

Los requisitos del equipo serán de acuerdo con T-530 y complementados como sigue:

a) Frecuencia. La medición de espesores puede ser conducida a cualquier frecuencia capaz de resolver el rango de espesores a ser medido.

b) La medición de espesores debe ser indicada por un tubo de rayos catódicos, un medidor o una pantalla digital.

c) Se debe proporcionar el(los) bloque(s) de calibración de velocidad ultrasónica, superficie, forma y acabado similar al de la pieza que se va a examinar.

Nota: La práctica común para obtener velocidades ultrasónicas similares es utilizar material y firma de producto similar (forjado o fundido).

#### T-544.2 CALIBRACION

El sistema de examen debe ser calibrado en al menos dos, preferiblemente tres, espesores de calibración cubriendo el rango a ser medido. La exactitud de las mediciones, como se anota en SE-114, depende de la exactitud de la calibración.

#### T-544.3 EXAMEN

La técnica utilizada dependerá de los espesores, geometría de la superficie y condiciones de la pieza de trabajo, excepto que los requisitos de linealidad de T-532 y T-533 no son aplicables para la medición de espesores. La técnica de medición usada y la extensión del examen deben cumplir con la sección de referencia del código.

#### T-580 EVALUACION

##### T-581 EXAMEN UTILIZANDO LA DAC

Para el examen utilizando la curva de corrección distancia-amplitud (DAC) cualquier reflector que ocasione una indicación que se exceda del 20% de la DAC debe ser investigada en la extensión que pueda ser evaluada en términos de los estándares de aceptación de la sección de referencia del código.

##### T-582 EXAMEN UTILIZANDO OTRAS CALIBRACIONES QUE NO SEAN LA DAC

Para el examen utilizando otras calibraciones que no sean la DAC, la evaluación se hará de acuerdo a los requisitos de la sección de referencia del código.

#### T-590 REPORTES Y REGISTROS

##### T-591 REPORTES DE EXAMEN

Se debe hacer el reporte de los exámenes. El reporte debe incluir un registro indicando la(s) soldadura(s) o volumen examinado (esto puede ser haciendo un croquis), la localización de cada reflector registrado y la identificación del operador que llevó a cabo el examen o parte del mismo se detalla en T-593.

##### T-592 REGISTROS DE LA CALIBRACION

La calibración de los instrumentos de acuerdo con T-530 y debe ser incluida en los registros de calibración ultrasónica. Los requisitos de calibración del sistema ultrasónico de acuerdo con T-534 y la identificación de los bloques de calibración debe ser incluida en los registros de calibración ultrasónica.

##### T-593 REGISTROS DE LAS EXAMINACIONES

Para cada examen ultrasónico, se debe registrar e identificar la siguiente información. La sección de referencia del código debe ser consultada para requisitos específicos.

a) Procedimiento.

b) Sistema de examen ultrasónico (equipo).

c) Nombre y nivel del personal que realizó el examen.

d) Identificación de la hoja de la calibración.

e) Localización e identificación de la soldadura o volumen explorado.

f) Superficie desde la cual se condujo el examen.

g) Mapa o registro de las indicaciones detectadas o reas sanas.

h) Fecha y hora en que los exámenes fueron efectuados, acoplante.

- i) Identificación del bloque de calibración básico.
- j) Condición de la superficie.
- k) Frecuencia
- l) Equipo especial

#### T-594 REGISTRO DE EVALUACION

Los registros de cualquier evaluación de indicaciones deben ser mantenidos y documentados como sea requerido por la sección de referencia del código.

## APENDICES OBLIGATORIOS

### APENDICE I LINEALIDAD DE LA ALTURA DE PANTALLA

Para verificar la habilidad del instrumento ultrasónico para cumplir los requisitos de linealidad de T-532, posicionar un palpador de haz angular como se muestra en la Fig. I-1 de tal manera que se puedan observar indicaciones desde los agujeros 1/2T y 3/4T del bloque de calibración básico. Ajustar la posición para dar una relación 2:1 entre las dos indicaciones, con la mayor colocada al 80% de la altura total de pantalla. Sin mover el palpador, ajustar la sensibilidad (ganancia) para sucesivamente colocar la indicación más grande en el 100% hasta el 20% de la altura total de pantalla, en incrementos del 10% (o pasos de 2dB si no se dispone de un control fino) y leer la indicación más pequeña en cada ajuste. La lectura debe ser 50% de la amplitud mayor, dentro de 5% de la altura total de pantalla. Los ajustes y lecturas deben ser estimados lo más cercano al 1% de la escala completa alternatively se puede usar un palpador de haz recto sobre cualquier bloque de calibración que proporcione diferencia de amplitudes, con suficiente separación de señales para evitar el traslape de las dos señales.

#### Apéndice II Linealidad del control de amplitud

Para verificar exactitud del control de amplitud del instrumento ultrasónico, como se requiere en T-533, posicionar un palpador de haz angular como se muestra en calibración básica sea observado en la pantalla. Con los incrementos y disminuciones en la atenuación mostrados en la siguiente tabla, la indicación debe caer dentro de los límites especificados. Se pueden usar otros reflectores convenientes de cualquier bloque de calibración con palpadores angulares o rectos.

Ajuste de la Indicación en % de la pantalla Total	Cambio del Control de dB	Límites de la Indicación de la pantalla Total
80%	- 6 dB	32 A 48%
80%	- 12 dB	16 A 24%
40%	+ 6 dB	64 A 96%
40%	+ 12 dB	64 A 96%

Los ajustes y lecturas deben ser estimados lo más cercano al 1% de la escala total.

### APÉNDICE NO OBLIGATORIO

#### Apéndice A Configuración del bloque de calibración alterno

Bloques de calibración básicos planos también pueden ser usados para calibrar el examen de materiales con superficies convexas mayores de 20 pulgadas en diámetro. Un ajuste de ganancia del receptor puede ser requerido cuando se usan bloques de calibración planos. Las correcciones de ganancia se aplican en la porción del campo lejano del haz sónico.

#### A-10 DETERMINACION DE LA CORRECCION DE GANANCIA

Para determinar el incremento en ganancia requerido, la relación del radio del material "R" al radio crítico del transductor "Rc" debe ser evaluada como sigue:

a) Cuando la relación de  $R/R_c$ , el radio de curvatura del material "R" dividido por el radio crítico del transductor "Rc" de la tabla A-10 y la fig. A-10 a), es igual a o mayor de 1 no se requiere corrección de ganancia.

b) Cuando la relación de  $R/R_c$  es menor de 1.0, la corrección de ganancia debe ser obtenida de la Fig. A-10 b).

c) Ejemplo, Un material con un radio (R) de 10 pulgadas ser examinado con un palpador de 1 pulgada de diámetro, 2.25 MHz y con una membrana de carburo de borra utilizando glicerina como acoplante.

1) Determinar el factor del transductor apropiado, F1 de la Tabla A-10; F1-93.

2) Determinar el Rc de la fig. A-10 a), R-100 pulgadas.

3) Calcular la relación  $R/R_c$ ; 10 pulgadas/100 pulgadas=0.1.

4) Usando la fig. A-10 b) obtener el incremento de ganancia requerido; 12 dB.

Este incremento de ganancia calibra el examen sobre la superficie curva después de establecer la sensibilidad de calibración en un bloque de calibración plano.

**A4.-NORMA ASTM**

**A609/A609M**

***Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and  
Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof.***



## Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A609/A609M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This practice<sup>2</sup> covers the standards and procedures for the pulse-echo ultrasonic examination of heat-treated carbon, low-alloy, and martensitic stainless steel castings by the longitudinal-beam technique.

1.2 This practice is to be used whenever the inquiry, contract, order, or specification states that castings are to be subjected to ultrasonic examination in accordance with Practice A609/A 609M.

1.3 This practice contains two procedures for ultrasonic inspection of carbon, low-alloy, and martensitic stainless steel castings; that is, Procedure A and Procedure B. Procedure A is the original A609/A609M practice and requires calibration using a series of test blocks containing flat bottomed holes. It also provides supplementary requirements for angle beam testing. Procedure B requires calibration using a back wall reflection from a series of solid calibration blocks.

NOTE 1—Ultrasonic examination and radiography are not directly comparable. This examination technique is intended to complement Guide E94 in the detection of discontinuities.

1.4 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with this practice.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

<sup>1</sup> This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.18 on Castings.

Current edition approved Nov. 1, 2007. Published December 2007. Originally approved in 1970. Last previous edition approved in 2002 as A609/A609M – 91 (2002). DOI: 10.1520/A0609\_A0609M-91R07.

<sup>2</sup> For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications, see related Specification SA-609 of Section II of that Code.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>3</sup>

A217/A217M Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless and Alloy, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service

E94 Guide for Radiographic Examination

E317 Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments

#### 2.2 Other Document:

SNT-TC-1A Recommended Practice for Non-Destructive Testing Personnel Qualification and Certification<sup>4</sup>

### 3. Ordering Information

3.1 The inquiry and order should specify which procedure is to be used. If a procedure is not specified, Procedure A shall be used.

#### 3.2 Procedure A—Flat-Bottomed Hole Calibration Procedure:

3.2.1 When this practice is to be applied to an inquiry, contract, or order, the purchaser shall furnish the following information:

3.2.1.1 Quality levels for the entire casting or portions thereof,

3.2.1.2 Sections of castings requiring longitudinal-beam examination,

3.2.1.3 Sections of castings requiring dual element examination,

3.2.1.4 Sections of castings requiring supplementary examination, using the angle-beam procedure described in Supplementary Requirement S1 in order to achieve more complete examination, and

3.2.1.5 Any requirements additional to the provisions of this practice.

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>4</sup> Available from American Society for Nondestructive Testing (ASNT), P.O. Box 28518, 1711 Arlington Ln., Columbus, OH 43228-0518, <http://www.asnt.org>.

**3.3 Procedure B: Back-Wall Reflection Calibration Procedure**—When this procedure is to be applied to an inquiry, contract, or order, the purchaser shall designate the quality levels for the entire casting or applicable portions.

## PROCEDURE A—FLAT-BOTTOMED HOLE CALIBRATION PROCEDURE

### 4. Apparatus

#### 4.1 Electronic Apparatus:

4.1.1 An ultrasonic, pulsed, reflection type of instrument that is capable of generating, receiving, and amplifying frequencies of at least 1 to 5 MHz.

4.1.2 The ultrasonic instrument shall provide linear presentation (within  $\pm 5\%$ ) for at least 75 % of the screen height (sweep line to top of screen). Linearity shall be determined in accordance with Practice E317 or equivalent electronic means.

4.1.3 The electronic apparatus shall contain a signal attenuator or calibrated gain control that shall be accurate over its useful range to  $\pm 10\%$  of the nominal attenuation or gain ratio to allow measurement of signals beyond the linear range of the instrument.

#### 4.2 Search Units:

4.2.1 *Longitudinal Wave*, internally grounded, having a  $\frac{1}{2}$  to  $1\frac{1}{8}$  in. [13 to 28 mm] diameter or 1-in. [25-mm] square piezo-electric elements. Based on the signals-to-noise ratio of the response pattern of the casting, a frequency in the range from 1 to 5 MHz shall be used. The background noise shall not exceed 25 % of the distance amplitude correction curve (DAC). Transducers shall be utilized at their rated frequencies.

4.2.2 *Dual-Element*, 5-MHz,  $\frac{1}{2}$  by 1-in. [13 by 25-mm],  $12^\circ$  included angle search units are recommended for sections 1 in. [25 mm] and under.

4.2.3 Other frequencies and sizes of search units may be used for evaluating and pinpointing indications.

#### 4.3 Reference Blocks:

4.3.1 Reference blocks containing flat-bottom holes shall be used to establish test sensitivity in accordance with 8.2.

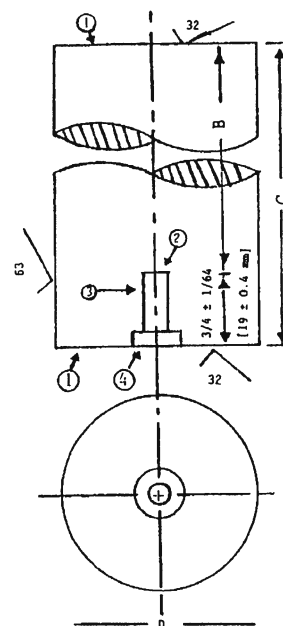
4.3.2 Reference blocks shall be made from cast steels that give an acoustic response similar to the castings being examined.

4.3.3 The design of reference blocks shall be in accordance with Fig. 1, and the basic set shall consist of those blocks listed in Table 1. When section thicknesses over 15 in. [380-mm] are to be inspected, an additional block of the maximum test thickness shall be made to supplement the basic set.

4.3.4 Machined blocks with  $\frac{3}{32}$ -in. [2.4-mm] diameter flat-bottom holes at depths from the entry surface of  $\frac{1}{8}$  in. [3 mm],  $\frac{1}{2}$  in. [13 mm], or  $\frac{1}{2}t$  and  $\frac{3}{4}$  in. [19 mm], or  $\frac{3}{4}t$  (where  $t$  = thickness of the block) shall be used to establish the DAC for the dual-element search units (see Fig. 2).

4.3.5 Each reference block shall be permanently identified along the side of the block indicating the material and the block identification.

4.4 *Couplant*—A suitable couplant having good wetting characteristics shall be used between the search unit and examination surface. The same couplant shall be used for calibrations and examinations.



NOTE 1—Opposite ends of reference block shall be flat and parallel within 0.001 in. [0.025 mm].

NOTE 2—Bottom of flat-bottom hole shall be flat within 0.002-in. [0.051 mm] and the finished diameter shall be  $\frac{1}{4} + 0.002$  in. [6.4 + 0.050].

NOTE 3—Hole shall be straight and perpendicular to entry surface within  $0^\circ$ , 30 min and located within  $\frac{1}{32}$  in. [0.80 mm] of longitudinal axis.

NOTE 4—Counter bore shall be  $\frac{1}{2}$  in. [15.0 mm] diameter by  $\frac{1}{8}$  in. [5 mm] deep.

**FIG. 1 Ultrasonic Standard Reference Block**

**TABLE 1 Dimensions and Identification of Reference Blocks in the Basic Set (See Fig. 1)**

Hole Diameter in $\frac{1}{64}$ ths, in. [mm]	Metal Distance (B), in. <sup>A</sup> [mm]	Overall Length (C), in. [mm]	Width or Diameter (D), min, in. [mm]	Block Identifi- cation Number
16 [6.4]	1 [25]	1 $\frac{3}{4}$ [45]	2 [50]	16-0100
16 [6.4]	2 [50]	2 $\frac{3}{4}$ [70]	2 [50]	16-0200
16 [6.4]	3 [75]	3 $\frac{3}{4}$ [95]	2 [50]	16-0300
16 [6.4]	6 [150]	6 $\frac{3}{4}$ [170]	3 [75]	16-0600
16 [6.4]	10 [255]	10 $\frac{3}{4}$ [275]	4 [100]	16-1000
16 [6.4]	B	B + $\frac{3}{4}$ [B + 20]	5 [125]	16-B00 <sup>B</sup>

<sup>A</sup> Tolerance  $\pm \frac{1}{8}$  in. [3 mm].

<sup>B</sup> Additional supplemental blocks for testing thickness greater than 10 in. [250 mm], see 4.3.3.

### 5. Personnel Requirements

5.1 The manufacturer shall be responsible for assigning qualified personnel to perform ultrasonic examination in conformance with the requirements of this practice.

5.2 Personnel performing ultrasonic examinations in accordance with this practice shall be familiar with the following:

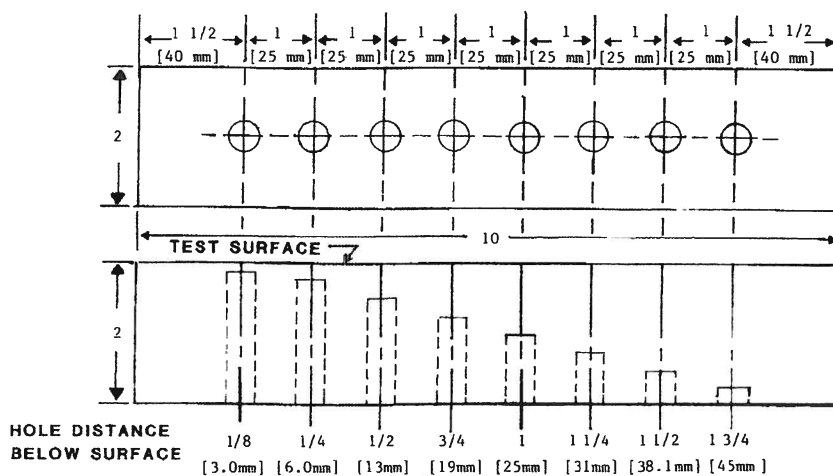
5.2.1 Ultrasonic terminology,

5.2.2 Instrument calibration,

5.2.3 Effect of transducer material, size, frequency, and mode on test results,

5.2.4 Effect of material structure (grain size, cleanliness, etc.) on test results,





NOTE 1—Entrant surface shall be 250  $\mu$ in. [6.3  $\mu$ m] or finer.

NOTE 2—The  $\frac{3}{32}$ -in. [2.4 mm] flat-bottom hole must be flat within 0.002 in. [0.05 mm]. Diameter must be within +0.005 in. [0.13 mm] of the required diameter. Hole axis must be perpendicular to the block and within an angle of 0°, 30 min.

NOTE 3—Hole shall be plugged following checking for ultrasonic response.

	in.	[mm]		in.	[mm]
	$\frac{1}{8}$	[3]		$\frac{1}{4}$	[32]
	$\frac{1}{4}$	[6]		$\frac{1}{2}$	[38]
	$\frac{1}{2}$	[13]		$1\frac{1}{4}$	[44]
	$\frac{3}{4}$	[19.0]		2	[50]
	1	[25]		10	[254]

**FIG. 2 Ultrasonic Standard Reference Block for Dual-Search Unit Calibration**

5.2.5 Effect of test distance on test results,

5.2.6 Effect of nonlinearity on test results,

5.2.7 Effect of thickness and orientation of discontinuities on test results, and

5.2.8 Effect of surface roughness on test results.

5.3 A qualification record (see Note 2) of personnel considered suitable by the manufacturer to perform examinations in accordance with this practice shall be available upon request.

NOTE 2—SNT-TC-1A, Ultrasonic Testing Method, provides a recommended procedure for qualifying personnel. Other personnel qualification requirement documents may be used when agreed upon between the purchaser and the supplier.

## 6. Casting Conditions

6.1 Castings shall receive at least an austenitizing heat treatment before being ultrasonically examined.

6.2 Test surfaces of castings shall be free of material that will interfere with the ultrasonic examination. They may be as cast, blasted, ground, or machined.

6.3 The ultrasonic examination shall be conducted prior to machining that prevents an effective examination of the casting.

## 7. Test Conditions

7.1 To assure complete coverage of the specified casting section, each pass of the search unit shall overlap by at least 10 % of the width of the transducer.

7.2 The rate of scanning shall not exceed 6 in./s [150 mm/s].

7.3 The ultrasonic beam shall be introduced perpendicular to the examination surface.

## 8. Procedure

8.1 Adjust the instrument controls to position the first back reflection for the thickness to be tested at least one half of the distance across the cathode ray tube.

8.2 Using the set of reference blocks spanning the thickness of the casting being inspected, mark the flat-bottom hole indication height for each of the applicable blocks on the cathode ray tube shield. Draw a curve through these marks on the screen or on suitable graph paper. The maximum signal amplitude for the test blocks used shall peak at approximately three-fourths of the screen height above the sweep by use of the attenuator. This curve shall be referred to as the 100 % distance amplitude correction (DAC) curve. If the attenuation of ultrasound in the casting thickness being examined is such that the system's dynamic range is exceeded, segmented DAC curves are permitted.

8.3 The casting examination surface will normally be rougher than that of the test blocks; consequently, employ a transfer mechanism to provide approximate compensation. In order to accomplish this, first select a region of the casting that has parallel walls and a surface condition representative of the rest of the casting as a transfer point. Next, select the test block whose overall length, *C* (Fig. 1), most closely matches the reflection amplitude through the block length. Place the search unit on the casting at the transfer point and adjust the

instrument gain until the back reflection amplitude through the casting matches that through the test block. Using this transfer technique, the examination sensitivity in the casting may be expected to be within  $\pm 30\%$  or less of that given by the test blocks.

8.4 Do not change those instrument controls and the test frequency set during calibration, except the attenuator, or calibrated gain control, during acceptance examination of a given thickness of the casting. Make a periodic calibration during the inspection by checking the amplitude of response from the  $\frac{1}{4}$ -in. [6.4-mm] diameter flat-bottom hole in the test block utilized for the transfer.

**NOTE 3**—The attenuator or calibrated gain control may be used to change the signal amplitude during examination to permit small amplitude signals to be more readily detected. Signal evaluation is made by returning the attenuator or calibrated gain control to its original setting.

8.5 During examination of areas of the casting having parallel walls, recheck areas showing 75 % or greater loss of back reflection to determine whether loss of back reflection is due to poor contact, insufficient couplant, misoriented discontinuity, etc. If the reason for loss of back reflection is not evident, consider the area questionable and further investigate.

## 9. Report

9.1 The manufacturer's report of final ultrasonic examination shall contain the following data and shall be furnished to the purchaser:

9.1.1 The total number, location, amplitude, and area when possible to delineate boundaries by monitoring the movement of the center of the search unit of all indications equal to or greater than 100 % of the DAC,

9.1.2 Questionable areas from 8.5 that, upon further investigation, are determined to be caused by discontinuities,

9.1.3 The examination frequency, type of instrument, types of search units employed, couplant, manufacturer's identifying numbers, purchaser's order number, and data and authorized signature, and

9.1.4 A sketch showing the physical outline of the casting, including dimensions of all areas not inspected due to geometric configuration, with the location and sizes of all indications in accordance with 9.1.1 and 9.1.2.

## 10. Acceptance Standards

10.1 This practice is intended for application to castings with a wide variety of sizes, shapes, compositions, melting processes, foundry practices, and applications. Therefore, it is impractical to specify an ultrasonic quality level that would be universally applicable to such a diversity of products. Ultrasonic acceptance or rejection criteria for individual castings should be based on a realistic appraisal of service requirements and the quality that can normally be obtained in production of the particular type of casting.

10.2 Acceptance quality levels shall be established between the purchaser and the manufacturer on the basis of one or more of the following criteria:

10.2.1 No indication equal to or greater than the DAC over an area specified for the applicable quality level of **Table 2**.

**TABLE 2 Rejection Level**

**NOTE 1**—The areas in the table refer to the surface area on the casting over which a continuous indication exceeding the amplitude reference line or a continuous loss of back reflection of 75 % or greater is maintained.

**NOTE 2**—Areas shall be measured from the center of the search unit.

**NOTE 3**—In certain castings, because of very long test distances or curvature of the test surface, the casting surface area over which a given discontinuity is detected may be considerably larger or smaller than the actual area of the discontinuity in the casting; in such cases a graphic plot that incorporates a consideration of beam spread should be used for realistic evaluation of the discontinuity.

Ultrasonic Testing Quality Level	Area, in. <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ] (see 10.2.1 and 10.2.2)	Length, max, in. [mm]
1	0.8 [5]	1.5 [40]
2	1.5 [10]	2.2 [55]
3	3 [20]	3.0 [75]
4	5 [30]	3.9 [100]
5	8 [50]	4.8 [120]
6	12 [80]	6.0 [150]
7	16 [100]	6.9 [175]

10.2.2 No reduction of back reflection of 75 % or greater that has been determined to be caused by a discontinuity over an area specified for the applicable quality level of **Table 2**.

10.2.3 Indications producing a continuous response equal to or greater than the DAC with a dimension exceeding the maximum length shown for the applicable quality level shall be unacceptable.

10.2.4 Other criteria agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

10.3 Other means may be used to establish the validity of a rejection based on ultrasonic inspection.

**NOTE 4**—The areas for the ultrasonic quality levels in **Table 2** of Practice A609/A 609M refer to the surface area on the casting over which a continuous indication exceeding the DAC is maintained.

**NOTE 5**—Areas are to be measured from dimensions of the movement of the search unit by outlining locations where the amplitude of the indication is 100 % of the DAC or where the back reflection is reduced by 75 %, using the center of the search unit as a reference point to establish the outline of the indication area.

**NOTE 6**—In certain castings, because of very long metal path distances or curvature of the examination surfaces, the surface area over which a given discontinuity is detected may be considerably larger or smaller than the actual area of the discontinuity in the casting; in such cases, other criteria that incorporate a consideration of beam angles or beam spread must be used for realistic evaluation of the discontinuity.

## PROCEDURE B—BACK-WALL REFLECTION CALIBRATION PROCEDURE

### 11. Apparatus

11.1 Apparatus shall be kept on a regular six month maintenance cycle during which, as a minimum requirement, the vertical and horizontal linearities, sensitivity, and resolution shall be established in accordance with the requirements of Practice E317.

11.2 *Search Units*—Ceramic element transducers not exceeding 1.25 in. [32 mm] diameter or 1 in.<sup>2</sup> [645 mm<sup>2</sup>] shall be used.

11.3 *Search Units Facing*—A soft urethane membrane or neoprene sheet, approximately 0.025 in. [0.64 mm] thick, may

be used to improve coupling and minimize transducer wear caused by casting surface roughness.

11.4 *Calibration/Testing*—The same system, including the urethane membrane, used for calibration shall be used to inspect the casting.

11.5 *Other Inspections*—Other frequencies and type search units may be used for obtaining additional information and pinpointing of individual indications.

11.6 *Couplant*—A suitable liquid couplant, such as clean SAE 30 motor oil or similar commercial ultrasonic couplant, shall be used to couple the search unit to the test surface. Other couplants may be used when agreed upon between the purchaser and supplier.

11.7 *Reference Standards*—Reference standards in accordance with Fig. 3 shall be used to calibrate the instrument for inspecting machined and cast surfaces. Reference standards shall be flaw free and machined within tolerances indicated.

## 12. Ultrasonic Instrument

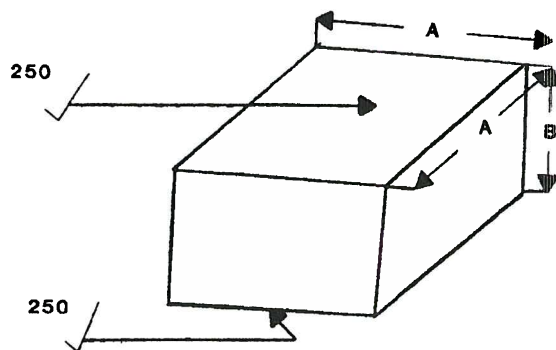
12.1 *Type*—Pulsed ultrasonic reflection instrument capable of generating, receiving, and amplifying frequencies of 1 MHz to 5 MHz shall be used for testing.

12.2 *Voltage*—Line voltage shall be suitably regulated by constant voltage equipment and metal housing must be grounded to prevent electric shock.

12.3 *Linearity*—The instrument must provide a linear presentation (within  $\pm 5\%$ ) of at least 1.5 in. [40 mm] sweep to peak (S/P).

12.4 *Calibrated Gain Control of Attenuator*—The instrument shall contain a calibrated gain control or signal attenuator (accurate within  $\pm 10\%$ ) which will allow indications beyond the linear range of the instrument to be measured.

12.5 *Time-Corrected Gain*—The instrument shall be equipped to compensate for signal decay with distance. A method should be available to equalize signal response at different depths.



Dimensions, in. [mm]		Material
2 [50]	1/2 [13]	Specification A217/A217M, Grade WC6 or acoustically similar within $\pm 20\%$ or 2 dB.
2 [50]	2 [50]	
3 [75]	5 [125]	Tolerance
6 [150]	10 [250]	

All sides to be flat within 0.0002 in. [0.01 mm] and parallel with 0.001 in. [0.03 mm].

FIG. 3 Calibration Blocks

## 13. Qualification

13.1 The requirements for pre-production qualification are as follows:

13.1.1 *Personnel*—The personnel qualification requirements of SNT-TC-1A are applicable. Other personnel qualification requirement documents may be used when agreed upon between the purchaser and the supplier. Records of all personnel shall be available to customers upon request.

13.1.2 *Equipment*—The equipment shall be capable of meeting the requirements in Section 12.

## 14. Preparation

14.1 *Time of Inspection*—The final ultrasonic acceptance inspection shall be performed after at least an austenitizing heat treatment and preferably after machining. In order to avoid time loss in production, acceptance inspection of cast surfaces may be done prior to machining. Machined surfaces shall be acceptance inspected as soon as possible after machining. Repair welds may be inspected before the postweld heat treatment.

### 14.2 Surface Finish:

14.2.1 *Machined Surfaces*—Machined surfaces subject to ultrasonic inspection shall have a finish that will produce an ultrasonic response equivalent to that obtained from a 250  $\mu$ in. [6.3  $\mu$ m] surface. The surface finish shall also permit adequate movement of search units along the surface.

14.2.2 *Casting Surfaces*—Casting surfaces to be ultrasonically inspected shall be suitable for the intended type and quality level (Table 3 and Table 4) of inspection as judged acceptable by a qualified individual as specified in 13.1.1.

14.2.3 *Surface Condition*—All surfaces to be inspected shall be free of scale, machining or grinding particles, excessive paint thickness, dirt, or other foreign matter that may interfere with the inspection.

14.3 *Position of Casting*—The casting shall be positioned such that the inspector has free access to the back wall for the purpose of verifying change in contour.

TABLE 3 Acceptance Criteria for Single Isolated Indications

NOTE 1—The area measured by movement of the center of the transducer over the casting surface.

NOTE 2—O = outer wall 1/3, or inner wall 1/3.

C = mid wall 1/3.

E = entire wall.

Quality Level	Maximum Non-Linear Indication, Area, in. <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ]	Position of Indication
1	0	E
2	1 [6]	E
3	1 [6]	O
	2 [13]	C
4	3 [19]	E
5	3 [19]	O
	5 [32]	C
6	5 [32]	E
7	5 [32]	O
	7 [45]	C
8	7 [45]	E
9	7 [45]	O
	9 [58]	C
10	9 [58]	E
11	9 [58]	O
	11 [71]	C

**TABLE 4 Acceptance Criteria for Clustered Indications**

Quality Level	Cumulative Area of Indications, in. <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ] <sup>A,B</sup>	Minimum Area in Which Indications Must be Dispersed, in. <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ] <sup>C</sup>
1	0	0
2–3	2 [13]	36 [232]
4–5	4 [26]	36 [232]
6–7	6 [39]	36 [232]
8–9	8 [52]	36 [232]
10–11	10 [64]	36 [232]

<sup>A</sup> Regardless of wall location, that is midwall ⅓, innermost ⅓, or outermost ⅓

<sup>B</sup> Each indication that equals or exceeds the 0.5-in. [18 mm] reference line shall be traced to the position where the indication is equal to 0.25 in. [6 mm]. The area of the location, for the purpose of this evaluation, shall be considered the area that is confined within the outline established by the center of the transducer during tracing of the flaw as required. Whenever no discernible surface tracing is possible, each indication which equals or exceeds the 0.5 in. reference amplitude shall be considered 0.15 in.<sup>2</sup> [1 cm<sup>2</sup>] (three times the area of the ¼ diameter [6 mm] flat bottomed hole to compensate for reflectivity degradation of natural flaw) for the cumulative area estimates.

<sup>C</sup> The indications within a cluster with the cumulative areas traced shall be dispersed in a minimum surface area of the casting equal to 36 in.<sup>2</sup> [230 cm<sup>2</sup>]. If the cumulative areas traced are confined with a smaller area of distribution, the area shall be repair welded to the extent necessary to meet the applicable quality level.

## 15. Calibration

**15.1 Calibration Blocks**—Determine the thickness of the material to be ultrasonically inspected. For material thickness of 3 in. [75 mm] or less, use the series of 3 blocks, ½, 2, 5 in. [13, 50, 125 mm] (Fig. 3, B dimension) for calibration. For a material thickness greater than 3 in., use the series of 3 blocks, 2, 5, 10 in. [50, 125, 250 mm] (Fig. 3, B dimension) for calibration.

**15.2 Calibration of Search Units**—For the thickness of material to be inspected, as determined in 15.1, use the following search units:

**15.2.1** For materials 3 in. [75 mm] or less in thickness, use a 2¼ MHz, ½ in. [13 mm] diameter search unit.

**15.2.2** For material greater than 3 in. [75 mm] in thickness, use a 2¼ MHz, 1 in. [25 mm] diameter search unit.

### 15.3 Calibration Procedure:

**15.3.1** Set the frequency selector as required. Set the reject control in the “OFF” position.

**15.3.2** Position the search unit on the entrant surface of the block that completely encompasses the metal thickness to be inspected (Fig. 3) and adjust the sweep control such that the back reflection signal appears approximately, but not more than three-quarters along the sweep line from the initial pulse signal.

**15.3.3** Position the search unit on the entrant surface of the smallest block of the series of 3 blocks selected for calibration and adjust the gain until the back reflection signal height (amplitude) is 1.5 in. [40 mm] sweep to peak (S/P). Draw a line on the cathode-ray screen (CRT), parallel to the sweep line, through the peak of the 1.5 in. (S/P) amplitude.

**15.3.4** Position the search unit on the entrant surface of the largest block of the series of 3 blocks selected for calibration, and adjust the distance amplitude control to provide a back reflection signal height of 1.5 in. [40 mm] (S/P).

**15.3.5** Position the search unit on the entrant surface of the intermediate calibration block of the series of 3 blocks being

used for calibration and confirm that the back reflection signal height is approximately 1.5 in. [40 mm] (S/P). If it is not, obtain the best compromise between this block and the largest block of the series of 3 blocks being used for calibration.

**15.3.6** Draw a line on the cathode ray tube screen parallel to the sweep line at 0.5 in. [13 mm] (S/P) amplitude. This will be the reference line for reporting discontinuity amplitudes.

**15.3.7** For tests on *machined surfaces*, position the search unit on a machined surface of casting where the walls are reasonably parallel and adjust the gain of the instrument until the back reflection signal height is 1.5 in. [40 mm] (S/P). Increase the inspection sensitivity by a factor of three times (10 dB gain) with the calibrated attenuator. Surfaces that do not meet the requirements of 14.2.1 shall be inspected as specified in 15.3.8.

**15.3.8** For inspections on *cast surfaces*, position the search unit on the casting to be inspected at a location where the walls are reasonably parallel and smooth (inside and outside diameter) and the surface condition is representative of the surface being inspected. Adjust the gain of the instrument until the back reflection signal height is 1.5 in. [40 mm] (S/P). Increase the inspection sensitivity by a factor of six times (16 dB) by use of the calibrated control or attenuator. A significant change in surface finish requires a compensating adjustment to the gain.

**15.3.8.1** Rejectable indications on as-cast surfaces may be reevaluated by surface preparation to 250 µin. [6.3 µm] finish or better, and re-inspected in accordance with 15.3.7 of this practice.

**15.3.8.2** It should be noted that some instruments are equipped with decibel calibrated gain controls, in which case the decibel required to increase the sensitivity must be added. Other instruments have decibel calibrated attenuators, in which case the required decibel must be removed. Still other instruments do not have calibrated gains or attenuators. They require external attenuators.

## 16. Scanning

**16.1 Grid Pattern**—The surface of the casting shall be laid out in a 12 by 12 in. [300 by 300 mm] or any similar grid pattern for guidance in scanning. Grid numbers shall be stenciled on the casting for record purposes and for grid area identity. The stenciled grid number shall appear in the upper right hand corner of the grid. When grids are laid out on the casting surface and they encompass different quality levels, each specific area shall be evaluated in accordance with the requirements of the specific quality level designated for that area.

**16.2 Overlap**—Scan over the surface allowing 10 % minimum overlap of the working diameters of the search unit.

**16.3 Inspection Requirements**—All surfaces specified for ultrasonic (UT) shall be completely inspected from both sides, whenever both sides are accessible. The same search unit used for calibration shall be used to inspect the casting.

## 17. Additional Transducer Evaluation

**17.1** Additional information regarding any ultrasonic indication may be obtained through the use of other frequency, type, and size search unit.

## **18. Acceptance Criteria**

**18.1 Rejectable Conditions**—The locations of all indications having amplitudes greater than the 0.5 in. [13 mm] line given in 15.3.6, when amplitude three times (machined surfaces) or six times (cast surfaces) shall be marked on the casting surface. The boundary limits of the indication shall be determined by marking a sufficient number of marks on the casting surfaces where the ultrasonic signal equals one half the reference amplitude, 0.25 in. [6 mm]. To completely delineate the indication, draw a line around the outer boundary of the center of the number of marks to form the indication area. Draw a rectangle or other regular shape through the indication in order to form a polygon from which the area may be easily computed. It is not necessary that the ultrasonic signal exceed the amplitude reference line over the entire area. At some locations within the limits of the indication, the signal may be less than the reference line, but nevertheless still present such that it may be judged as a continuous, signal indication. Rejectable conditions are as follows and when any of the conditions listed below are found, the indications shall be removed and repair welded to the applicable process specification.

**18.2 Linear Indications**—A linear indication is defined as one having a length equal to or greater than three times its width. An amplitude of ½ in. [13 mm], such as would result from tears or stringer type slag inclusion, shall be removed.

### **18.3 Non-Linear Indications:**

**18.3.1 Isolated Indications**—Isolated indications shall not exceed the limits of the quality level designated by the customer's purchase order listed in Table 3. An isolated indication may be defined as one for which the distance between it and an adjacent indication is greater than the longest dimension of the larger of the adjacent indications.

**18.3.2 Clustered Indications**—Clustered indications shall be defined as two or more indications that are confined in a 1 in. [25 mm] cube. Clustered indications shall not exceed the limits of the quality level designated by the customer purchase order in Table 4. Where the distance between indications is less than the lowest dimension of the largest indication in the group, the cluster shall be repair welded.

**18.3.3** The distance between two clusters must be greater than the lowest dimension of the largest indication in either cluster. If they are not, the cluster having the largest single indication shall be removed.

**18.3.4** All indications, regardless of their surface areas as indicated by transducer movement on the casting surface and regardless of the quality level required, shall not have a through wall distance greater than  $\frac{1}{3} T$ , where  $T$  is the wall thickness in the area containing the indication.

**18.3.5** Repair welding of cluster-type indications need only be the extent necessary to meet the applicable quality level for that particular area. All other types of rejectable indications shall be completely removed.

**18.3.6** Repair welds of castings shall meet the quality level designated for that particular area of the casting.

**18.3.7** Any location that has a 75 % or greater loss in back reflection and exceeds the area of the applicable quality level, and whose indication amplitudes may or may not exceed the 0.5 in. [13 mm] rejection line, shall be rejected unless the reason for the loss in back reflection can be resolved as not being caused by an indication. If gain is added and back echo is achieved without indication percent amplitude exceeding the 0.5 in. [13 mm] rejection line, the area should be accepted.

## **19. Records**

**19.1 Stenciling**—Each casting shall be permanently stenciled to locate inspection zones or grid pattern for ease in locating areas where rejectable indications were observed.

**19.2 Sketch**—A report showing the exact depth and surface location in relation to the stencil numbers shall be made for each rejectable indicator found during each inspection.

**19.2.1** The sketch shall also include, but not be limited to, the following:

- 19.2.1.1 Part identification numbers,
- 19.2.1.2 Purchase order numbers,
- 19.2.1.3 Type and size of supplemental transducers used,
- 19.2.1.4 Name of inspector, and
- 19.2.1.5 Date of inspection.

## **20. Product Marking**

**20.1** Any rejectable areas (those indications exceeding the limits of Section 19) shall be marked on the casting as the inspection progresses. The point of marking shall be the center of the search unit.

## **21. Keywords**

**21.1** carbon and low-alloy steel; castings; martensitic stainless steel; ultrasonic





## SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirement shall be applied only when agreed upon between the purchaser and the supplier to achieve an effective examination of a critical casting area that cannot be effectively examined using a longitudinal beam as a result of casting design or possible discontinuity orientation.

## S1. Angle Beam Examination of Steel Castings

## S1.1 Equipment:

S1.1.1 *Examination Instrument*—Examination shall be conducted with an ultrasonic, pulsed-reflection type of system generating frequencies of at least 0.4 to 5 MHz. Properties of the electronic apparatus shall be the same as those specified in 4.1.

S1.1.2 *Search Units*—Angle-beam search units shall produce an angle beam in steel in the range from 30 to 75° inclusive, measured to the perpendicular of the entry surface of the casting being examined. It is preferred that search units shall have frequency of 0.4 to 5 MHz.

S1.1.3 *Calibration Blocks*—A set of blocks, as shown in Fig. S1.1, with as cast surface equivalent to SCRATA Com-

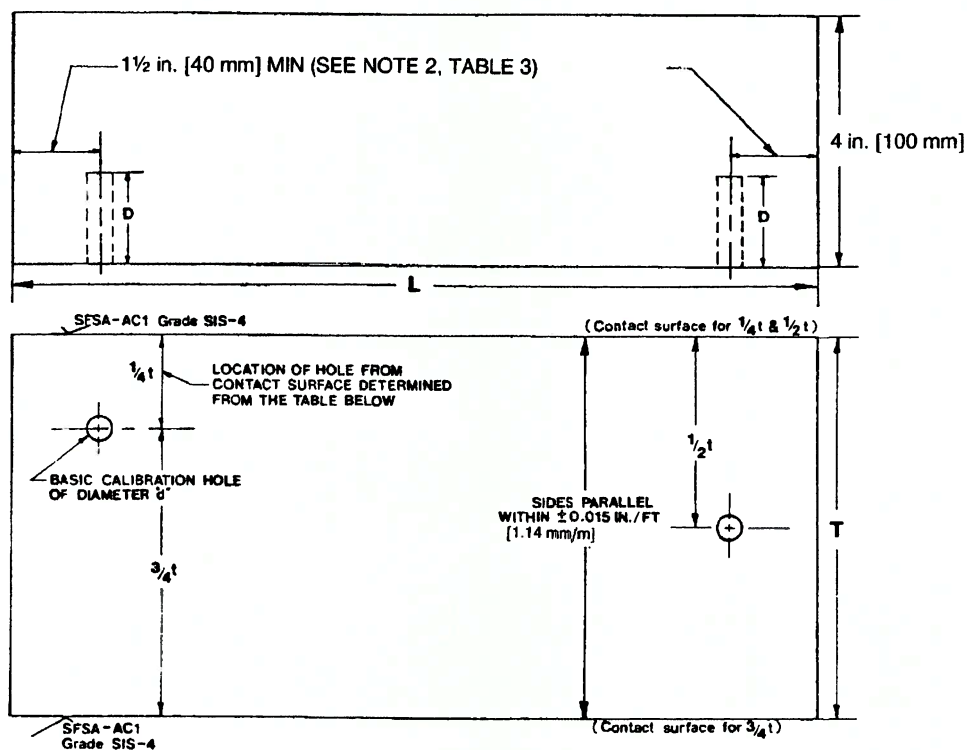
parator A3<sup>5</sup> and of a thickness comparable to the sections being examined with side-drilled holes at  $\frac{1}{4}t$ ,  $\frac{1}{2}t$ , and  $\frac{3}{4}t$  (where  $t$  = thickness of the block) shall be used to establish an amplitude reference line (ARL).

## S1.2 Calibration of Equipment:

S1.2.1 Construct the distance amplitude correction curve by utilizing the responses from the side-drilled holes in the basic calibration block for angle beam examination as shown in Fig. S1.1 and Table S1.1.

S1.2.1.1 Resolve and mark the amplitudes of the  $\frac{1}{4}t$  and  $\frac{1}{2}t$  side-drilled holes from the same surface. The side-drilled

<sup>5</sup> Available from Steel Founders' Society of America (SFSA), 780 McArdle Dr., Unit G, Crystal Lake, IL 60014, <http://www.sfsa.org>



- $L$  = length of block determined by the angle of search unit and the vee-path used,  
 $T$  = thickness of basic calibration block (see Table S1.1),  
 $D$  = depth of side-drilled hole (see Table S1.1),  
 $d$  = diameter of side-drilled hole (see Table S1.1),  
 $t$  = nominal production material thickness.

FIG. S1.1 Basic Calibration Block for Angle Beam Examination

**TABLE S1.1 Dimensions of Calibration Blocks for Angle-Beam Examination**

NOTE 1—Dimensions of Calibration Blocks for Angle-Beam Examination For each increase in thickness of 2 in. [50 mm], or a fraction thereof, the hole diameter shall increase  $\frac{1}{16}$  in. [1.6mm].

NOTE 2—For block sizes over 3 in. [75 mm] in thickness,  $T$ , the distance from the hole to the end of the block shall be  $\frac{1}{2} T$ , min, to prevent coincident reflections from the hole and the corner. Block fabricated with a 2-in. [50-mm] minimum dimension need not be modified if the corner and hole indications can be easily resolved.

Nominal Production Material Thickness ( $t$ ), in. [mm]	Basic Calibration Block Thickness ( $T$ ), in. [mm]	Hole Diameter ( $d$ ), in. 1.002 [mm $\pm$ 0.05]	Minimum Depth ( $D$ ), in. [mm]
Up to 1 [25] incl.	1 [25] or $t$	$\frac{3}{32}$ [2.4]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 1 to 2 [25–50]	2 [50] or $t$	$\frac{1}{8}$ [3.2]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 2 to 4 [50–100]	4 [100] or $t$	$\frac{3}{16}$ [4.8]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 4 to 6 [100–150]	6 [150] or $t$	$\frac{1}{4}$ [6.3]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 6 to 8 [150–200]	8 [200] or $t$	$\frac{5}{16}$ [7.9]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 8 to 10 [200–250]	10 [250] or $t$	$\frac{3}{8}$ [9.5]	$1\frac{1}{2}$ [40]
Over 10 [250]	$t$	See Note 1	$1\frac{1}{2}$ [40]

hole used for the  $\frac{1}{4} t$  amplitude may be used to establish the  $\frac{3}{4} t$  amplitude from the opposite surface or a separate hole may be used.

S1.2.1.2 Connect the  $\frac{1}{4} t$ ,  $\frac{1}{2} t$ , and  $\frac{3}{4} t$  amplitudes to establish the applicable DAC.

S1.2.2 The basic calibration blocks shall be made of material that is acoustically similar to the casting being examined.

S1.2.3 Do not use basic calibration blocks with as cast surface equivalent to SCRATA Comparator A3 to examine castings with surface rougher than SCRATA Comparator A3. Use a machined calibration block for machined surfaces.

S1.2.4 The search unit and all instrument control settings remain unchanged except the attenuator or calibrated gain control.

S1.2.4.1 The attenuator or calibrated gain control may be used to change the signal amplitude during examination to permit small amplitude signals to be more readily detected. Signal evaluation is made by returning the attenuator or calibrated gain control to its original setting.

S1.3 *Data Reporting*—The supplier's report of final ultrasonic examination shall contain the following data:

S1.3.1 The total number, location, amplitude, and area of all indications equal to or greater than 100 % of the distance amplitude curve.

S1.3.2 The examination frequency, type of instrument, type, and size of search units employed, couplant, transfer method, examination operator, supplier's identifying numbers, purchase order number, date, and authorized signature.

S1.3.3 A sketch showing the physical outline of the casting, including dimensions of all areas not examined due to geometric configuration, with the location of all indications in accordance with S1.3.1.

S1.4 *Acceptance Standards*—Acceptance quality levels shall be established between the purchaser and the manufacturer on the basis of one or more of the following criteria:

S1.4.1 No indication equal to or greater than the DAC over an area specified for the applicable quality level of Table 2.

S1.4.2 Other criteria agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

## **A5.-TECNICAS DE IDENTIFICACION, DETECCION Y TAMAÑO DE GRIETAS**



## **TECNICAS DE IDENTIFICACION, DETECCION Y TAMAÑO DE GRIETAS.**

Autores	Sres. Russ Minkwitz y Max burton. Panametrics.
Seminario	Este articulo proporciona un doble resumen del avance en la técnica de detección y tamaño para la evaluación de defectos internos y superficiales en el ensayo de materiales. En general, esta técnica tiene aplicaciones para la detección, caracterización y tamaño de grietas de corrosión intergranular o trasngranular y tipos de grietas de fatiga sean inherentes al proceso o de servicio.
Overview	<p>Una vez sospechada la grieta de diámetro interno (ID), debe evaluarse bajo código general o requerimiento del mandante, entonces hacer la calificación. En este proceso inicial usualmente se emplean transductores angulares de onda transversal de 1,5 – 2,25 o 5 Mhz. , que se usan en la detección inicial. Evaluación posterior, amplitud de la señal y caída del tiempo eco-diámico y duración pulso, para determinar la geometría de la zona a ensayar por medio de ID, sonda manual, robot o esto es verdadero defecto.</p> <p>Otro método puede ser usando para la calificación de procesos, usando un transductor elemento simple. Esta técnica tiene una creciente popularidad porque es simple y puede proporcionar información, detección y tamaño preliminar sobre el defecto.</p>

### **Más sobre transductores, elemento simple en onda arrastrada.**

Los transductores elementos simples son usados en la técnica de identificación (ID), ondas arrastradas, son designada creando una onda longitudinal refractada 70° en el material de interés. Como resultado del ángulo de incidencia usado, crea ondas longitudinales 70°, creando otros modos de ondas. Todos estos modos diferentes influyen a crear un único eco que se muestra con varias depende entre si en el material que tiene el defecto propagada la conducta de cada componente esta analizada en la siguiente categoría.

### **Dirección ondas longitudinales**

Esta es una onda longitudinal refractada 70°, que es rápido y fácil el proceso de calibración, solo aparece cuando una grieta es verificada.

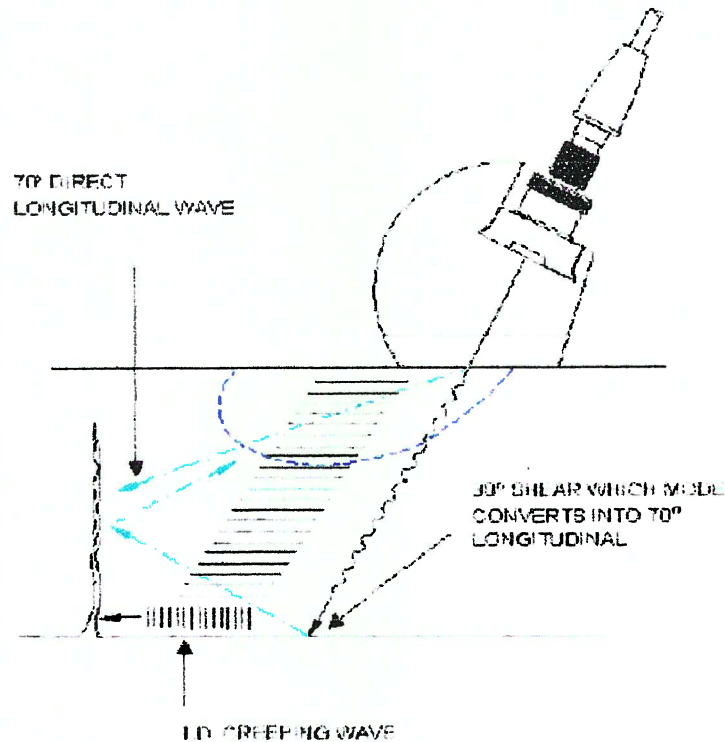
### **Ondas transversales ( 30-70-70)**

La onda longitudinal de 70°, genera una onda transversal de 30°. Los 30°, de la onda transversal están formados entre la superficie de la pieza a ensayar y la dirección de la energía de la onda longitudinal reflejada de 70°. El modo conversión onda de 70°, choca en la interface de reflector y entonces se propaga de la espalda del transductor. Esta serial de ruido también es conocido como "30-70-70". La señal indica el ángulo de cada porción del camino sonico. Esta señal, está presente en muros y grietas profundas.

### **Identificación de la onda de arrastre (ID).**

Este modo de onda es esencialmente una onda longitudinal superficial propagada en la interface de la superficie inferior del ensayo. La señal ID, onda deslizante puede considerarse una señal evidencia de la presencia de la existencia la identificación de una falla.

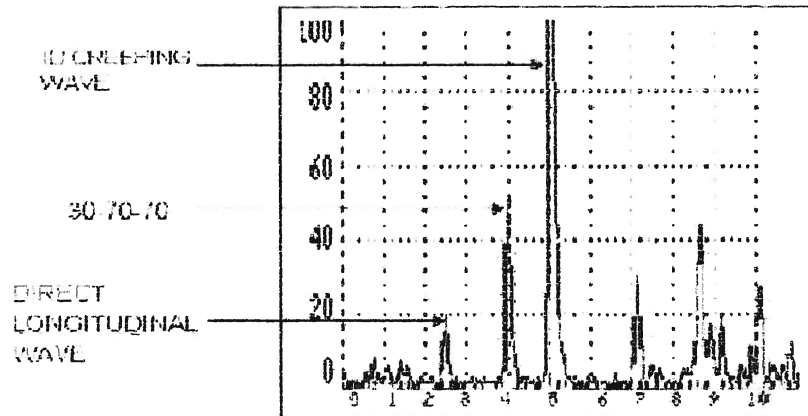
---



### Calibración usando transductores onda de arrastre.

Es relativamente fácil implementar la técnica de onda de arrastre puede atribuirse al hecho que la calibración y evaluación de señales son basadas en el simple concepto de reconocimiento de muestra. En general las señales creadas muestran tres modos de ondas, mostrada en la pantalla **A-Scan**, dependiendo de la naturaleza y geometría del reflector.

Calibración de la posición de onda de arrastre y ondas transversales los ecos de dos de las tres ondas, la señal onda ID Creeping y la 30-70-70., Recomendación, la calibración se hace con un bloque del mismo espesor del material a ensayar, tamaño de la grieta aproximado al que se debe inspeccionar, hacer una serie de entalladuras corte en el block, típicamente, entalladura transversales profundas entre el rango 20% a 80%. El tamaño del block usado para calibración, las indicaciones deben producir los tres modos de ondas. La diferencia del tiempo de llegada de cada señal entre el bloque de referencia y material a ensayar deben ser equivalente al espesor. Al calibrar, la señal 30-70-70, onda transversal, desde el lado del block, la señal debe estar entre 40 a 50%, de altura de pantalla mostrando la detección de la falla.



Una vez que esta relación esta bien establecida, la detección y discriminación de señal, usando el transductor de onda de arrastre, se puede comenzar el nivel de altura relativa y cantidad energía en el paquete de onda de arrastre y el hecho que se cierre el viaje en la superficie interna. Esto es extremadamente sensible para la identificación de grietas. Como, esta no es una verdadera onda superficial y no sigue geometría de superficie, esta menor sensibilidad del reflector tal como la soldadura raíz proporciona una indicación fuerte usando transductores con ondas transversales. Por esta razón la inspección puede reevaluar y caracterizarse como una falla, como el scan del ensayo del material para agregar duda ID- relacionada identificación.

El transductor de onda de arrastre También es usado para obtener información preliminar de tamaño porque cada modo de onda aparece solo bajo ciertas condiciones. La relativa profundidad de un reflector máxima señal son recibida desde el transductor.

El A-Scan Figura 1, muestra solo una señal ID onda de arrastre. Esta indica la presencia de un defecto poco profundo.

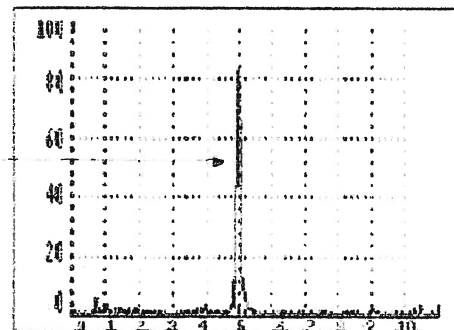
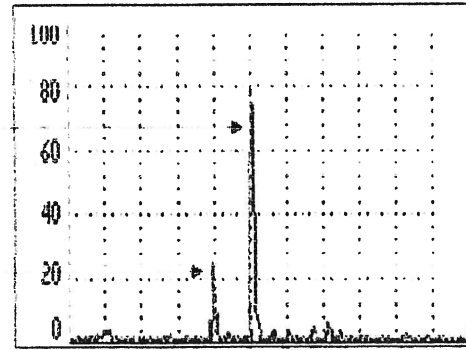


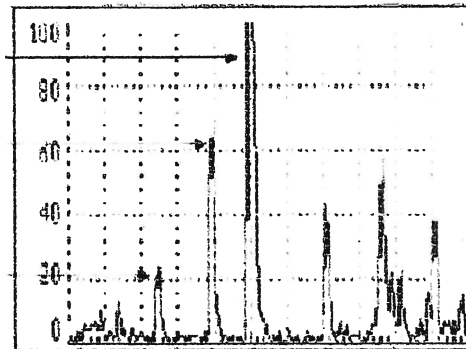
FIGURE 1

El A-Scan figura 2, muestra ambas señales una ID onda de arrastre y una cercada 30-70-70, (ondas transversales), esta indica la presencia de un defecto medio puro.



**FIGURE 2**

El A-Scan Figura 3, muestra las tres señales. La onda ID arrastre, la señal viaja cerca 30-70-70 y la señal de onda dirección longitudinal todas presente. Esto indica la presencia de una grieta profunda.

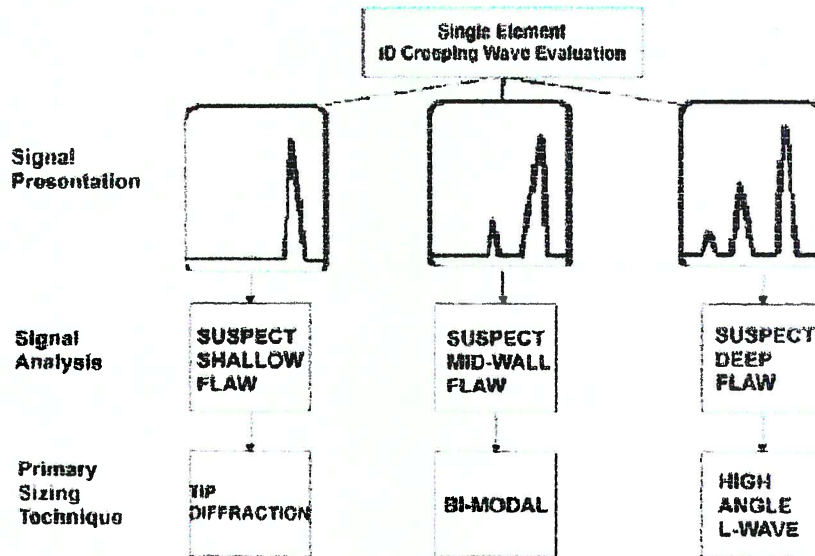


**FIGURE 3**

### **Limitaciones de esta técnica ultrasónica.**

Las señales de estos tres modos de onda pueden tener diferentes amplitudes relativas dependiente del transductor, frecuencia, características, Damping, tamaño del cristal y del espesor del material a ensayar. La incidencia del tipo del material a ensayar o geometría de la superficie, puede cambiar el ángulo de incidencia si cambia la amplitud del eco Relationship. Esta es la razón de usar un apropiado bloque de calibración recomendado por esta técnica.

Estas variables potenciales es también la razón que estas técnicas se asigne valor cuantitativo. La relación del eco da una muy buena indicación de la profundidad aproximada del defecto, sin embargo ayuda a la técnica del tamaño a verificar la profundidad del defecto.



## TÉCNICA DEL TAMAÑO.

Usar tamaño carta corriente.

El resultado que se obtiene usando la técnica onda de arrastre (ID) puede proporcionar un tamaño carta corriente. Esta carta puede ser usada directamente en la inspección para corregir la técnica en la fase de inspeccion.

## TÉCNICA DE DIFRACCIÓN

Este método es usado para tamaño de grietas poco profunda desde aproximadamente 5-35% parte altura. En este método la llegada del tiempo de señal desde la punta de la grieta es usada para determinar defectos grieta. Este simple proceso de calibración del instrumento a si como cada división de pantalla corresponda a un defecto de falla particular. Típicamente los primeros cinco divisiones de pantalla son escogidas para representar 20% del espesor del material. Así como 20% de pared de grieta produce una señal de cuarta divisiones pantalla, un 40% de pared de grieta produce una tercera división de pantalla, etc. También es notable durante esta técnica la separación de señales típicas desde el reflector de esquina. Esta información obtenida desde esta separación obliga al operario hacer una determinación final y exacta de defecto grieta, un ejemplo de un A-Scan para un 20% de pared del defecto es mostrado en la Figura 7. En orden a proporcionar buena resolución de la señal eco de grieta, Highly-Gamped, 5 Mhz, 45° o 60°, transductor ondas transversales es típicamente usado. Después de la señal de eco grieta puede ser relativamente débil, la detección de falla se ayuda con una pantalla RF, tal pantalla hace Caster ver la señal eco de grieta cuando la señal de ruido es pobre.

## TÉCNICA BI-MODAL

Este método es usado para medir el tamaño de una grieta, desde aproximadamente 30 a 70 % de altura del muro. Es típico usar un transductor doble elemento con 3Mhz que transmite ondas longitudinales refractada a 60° y le corresponden ondas transversales desde el frente del cristal y recibe modos de ondas desde el reverso del cristal.

La calibración y uso de este transductor es esencialmente una combinación del eco difracción y técnica onda de superficie. Como la técnica eco de difracción, la detección de falla es calibrada, por lo tanto la señal desde el eco de grieta se muestra en pantalla en una división particular. Como también el hecho con

la técnica de difracción. La separación de los modos diferentes son grabados y usados durante el proceso de evaluación del tamaño.

### **TÉCNICA ONDA LONGITUDINAL HIGH-ANGLE.**

La técnica de evaluación final del tamaño es usada para rango de grieta en profundidad desde aproximadamente 60-85%, Thourgh-Wall. Este método otra vez usa la señal de llegada de la grieta típica que tiene la indicación de grietas profundas, la señal de localización de grieta cercana a la superficie es calibrada de la primer de algunos reticulado tiempo de indicación profunda son calibrados del umbral alto reticulado. Esto se nota en la indicación mostrada en el material que es permanente en ensayo simple, no es efectivo abismo de la grieta, nosotros recomendamos transductores doble elemento de ondas longitudinales alta incluida esta técnica. Transductor ondas superficiales son usadas para detección grietas que propagan completamente cerca de la pared.

### **DETECCIÓN Y TAMAÑO DE GRIETA CON CUÑAS.**

Panametrics introduce esta nueva serie de cuñas (CDS) a un precio económico para detección y tamaño de grietas. Diseñado para usar la técnica llamada Onda transversal (30-70-70), esta cuña creada con 70 grados ondas longitudinal introduce ondas transversales con 30 grados en el acero aproximadamente. Esta cuña crea ondas de arrastre (ID) para detección de fallas pequeñas.

#### **Características:**

- Cuñas reemplazables proporcionan una alta eficiencia a bajo costo.
- Diseño de cuñas con hilo y transductores con clave de colores para fácil cambio de frecuencias.
- Incidencia ángulos variables para inspección de otros materiales diferentes al acero.
- Perfil variable para scanning circunferencial o axial para tubos de diámetros pequeños
- Base de apoyos con ángulos pequeños para acoplarse a diferentes geometrías
- Compatible con transductores miniaturas atornillable de 6 y 9 mm.
- Distancia corta de salida del haz para acercamiento a soldadura de corona o acceso de áreas difíciles
- Ideal para detección y tamaño preliminar o grietas de tensión de corrosión intergranular.

**Detección y tamaño de grietas en soldaduras.**

Tamaño nominal elemento	Frecuencia Mhz.	Cuña N/P	Transductor N/P Accuscan-S	Transductor N/P Videscan
10 mm.	1,5	CDS-7T	A548S-SM	--
	2,25		A549S-SM	V5489-SM
	3,5		A550S-SM	--
	5,0		A551S-SM	V551-SM
6 mm	2,25	CDS-4T	A542S-SM	V542-SM
	3,5		A546S-SM	
	5,0		A543S-SM	V543-SM