

ultrasonido industrial



ULTRASONIDO

ultrasonido industrial

INDUSTRIAL

ultrasonido industrial

Contenido

Capítulo I Introducción

- Inspección Ultrasónica
- Aspectos Históricos
- Aplicaciones
- Ventajas y limitaciones

Capítulo II Principio de Ultrasonido

- Onda Ultrasónica
- Modo de Onda
- Generación de Vibraciones
- Clasificación de Transductores
- Principios de los Transductores
- Características de Propagación
- Características del Haz Ultrasónico

Capítulo III Equipo Ultrasónico

- El instrumento Ultrasónico
- Medidor Ultrasónico de Espesores
- Detector Ultrasónico de Fallas

Capítulo IV Técnicas de Inspección

- Acoplantes
- Métodos y Técnicas de Inspección
- Detección de Discontinuidades



ultrasonido industrial

Contenido

Capítulo V Discontinuidades en Los Materiales

- Clasificación
- Inherentes
- De Proceso
- En Soldaduras
- De Servicio

Capítulo VI Inspección de Soldaduras

- Inspección de un Cordón de Soldadura
- Detección de Discontinuidades
- Estimación de Dimensiones

Capítulo VII Procedimiento de Calibración

- Ajuste de Distancia de Barrido y Rango
- Ajuste de Ganancia
- Reflectores de Referencia
- Bloques Patrón

Capítulo VIII Códigos y Especificaciones

- Códigos
- Normas
- Especificaciones
- Definiciones
- Fórmulas



ultrasonido industrial



Rotarica
Ing. END e Insp.

ULTRASONIDO

ultrasonido industrial

INDUSTRIAL

ultrasonido industrial

Introducción

sonido. ultrasonido

sonido ultrasonido
inspección ultrasónica
aspectos históricos
aplicaciones
ventajas
limitaciones

El **Sonido** es la propagación de energía mecánica (vibraciones) a través de sólidos, líquidos y gases.

El principio en el que se basa la inspección por ultrasonido es el hecho que materiales diferentes presentan diferentes "**Impedancias Acústicas**".

Con frecuencias mayores al rango audible (16 a 20,000 ciclos/segundo) se conoce con el nombre de "**Ultrasonido**", el cual se propaga a través de medios sólidos y líquidos, considerados como medios elásticos.

A frecuencias mayores a 100,000 ciclos/segundo, y gracias a su energía, el sonido forma un haz similar a la luz, por lo que es utilizado para rastrear el volumen de materiales.

Un haz ultrasónico cumple con algunas de las reglas físicas de óptica por lo que puede ser reflejado, refractado, difractado y absorbido.



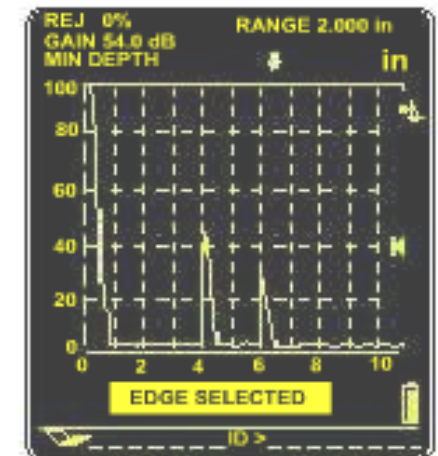
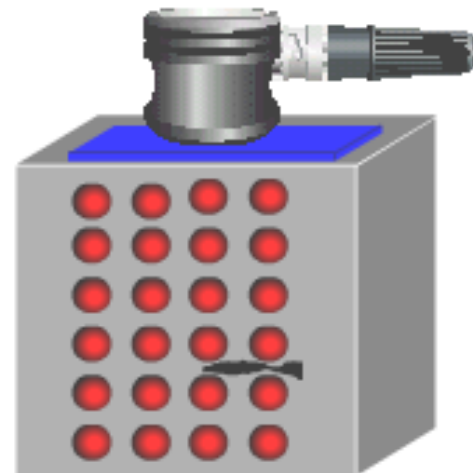
ultrasonido industrial

Introducción

inspección ultrasónica

- sonido ultrasonido
- inspección ultrasónica
- aspectos históricos
- aplicaciones
- ventajas
- limitaciones

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. (animación 1)

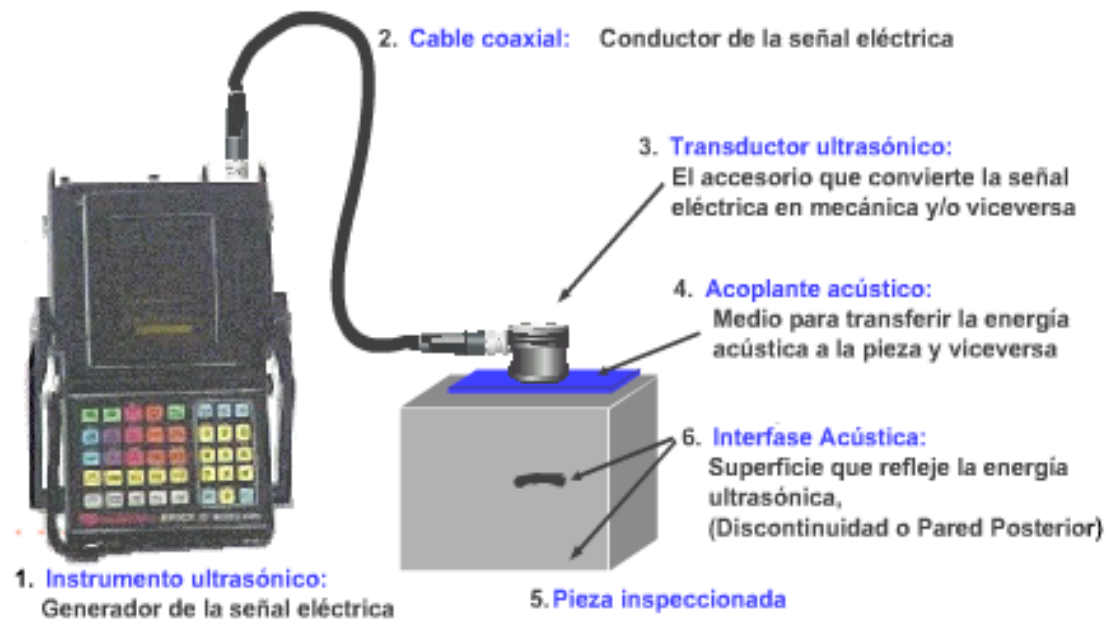


ultrasonido industrial

- sonido ultrasonido
- inspección ultrasónica
- aspectos históricos
- aplicaciones
- ventajas
- limitaciones

Introducción inspección ultrasónica

Sistema de Inspección Ultrasónica



Cuando se lleva a cabo una inspección por el método de ultrasonido industrial se requiere del uso de un Sistema de Inspección Ultrasónica.

ultrasonido industrial

Introducción

aspectos históricos

sonido ultrasonido
inspección ultrasónica
aspectos históricos
aplicaciones
ventajas
limitaciones

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](#), y 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 período [Sproule](#) en Inglaterra desarrolla equipos de inspección ultrasónica.

Acontecimientos Históricos:

- 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 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.



ultrasonido industrial

Introducción

aplicaciones

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

Se utiliza en el control de calidad e inspección de materiales en diferentes ramas de la industria, como: metalmecánica, aérea, naval, etc.

Las 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
- Determinar características de enlace entre dos materiales

sonido ultrasonido
inspección ultrasónica
aspectos históricos
aplicaciones
ventajas
limitaciones



ultrasonido industrial

ventajas

Las principales ventajas del método de inspección por ultrasonido son:

- 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
- Los equipos son portátiles
- Los equipos actuales tienen la capacidad de almacenar información en memoria

limitaciones

Las limitaciones del método de inspección por ultrasonido son las siguientes:

- 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
- La inspección se torna difícil en partes de forma irregular
- La inspección se torna difícil 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 de referencia en la calibración del equipo y caracterización de discontinuidades

Cuestionario UT Primera Lección

1. ¿Qué es el sonido?
2. ¿Qué es impedancia acústica?
3. ¿Cuál es el principio del ensayo?
4. ¿Cuál es el rango del ultrasonido?
5. ¿Cuáles son las ventajas del ensayo?
6. ¿Cuáles son las limitaciones del ensayo?
7. ¿Diga una breve reseña histórica del ensayo?
8. ¿Qué es inspección ultrasónica?
9. ¿Cuáles son las aplicaciones del método?
10. ¿Cuáles son los elementos necesarios para realizar el ensayo?

ultrasonido industrial



Principios del Ultrasonido

Capitulo II



ultrasonido industrial

onda ultrasónica

modos de onda generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

onda ultrasónica

El ultrasonido no se diferencia, en cuanto a sus características fundamentales, del sonido perceptible a través del oído del ser humano. Dicho con sencillez, son ondas acústicas de idéntica naturaleza que las ondas sónicas. Ahora bien, ¿qué sucede en la materia a través de la cual se propaga el ultrasonido?.

Bueno, para responder a la pregunta en primer lugar vamos a suponer que la materia se compone de pequeñas partículas que se encuentran unidas entre sí por medio de fuerzas elásticas, veamos la fig. 1

Siendo así, es factible que pueda existir un movimiento de dichas partículas a partir de su posición fija. Basándose en lo anterior, si una de estas partículas se empuja, empieza a oscilar y comunica su energía a las partículas vecinas.

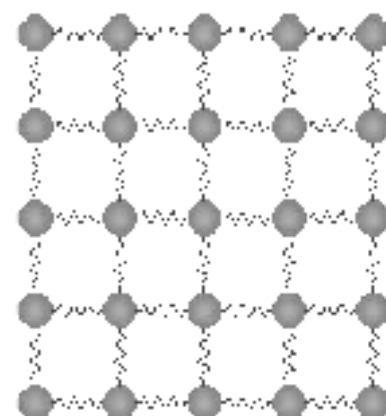


fig. 1 Modelo de Cuerpo Elástico

La energía se propaga, por tanto, a través de las partículas individuales de la materia. El número de oscilaciones o vibraciones de las partículas nos indica si se trata de sonido perceptible por el oído humano o de ultrasonido.

En el sonido perceptible, el número de oscilaciones se encuentra en un rango de entre 16 a 20,000 ciclos/segundo, mientras que al tratarse de ultrasonido es superior

ultrasonido industrial

onda ultrasónica

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de

transductores

principios de los

transductores

características de

propagación

características del

haz ultrasónico

Por principio, las ondas ultrasónicas pueden propagarse a través de todos los medios donde existe materia, esto es, átomos o partículas capaces de vibrar, por lo cual se puede propagar a través de sólidos, líquidos y gases. Por el contrario, no puede propagarse en el vacío, por no existir materia que las sustente. El movimiento que se presenta de los átomos o partículas es extremadamente pequeño, al desplazamiento máximo de un átomo desde su posición original se le conoce como amplitud. La prueba por ultrasonido emplea esfuerzos de baja amplitud los cuales no afectan permanentemente a los materiales.

Onda Ultrasónica

Como sabemos, la propagación del ultrasonido está caracterizada por vibraciones mecánicas periódicas, representadas por "movimientos ondulatorios" (ondas sinusoidales).

Del movimiento ondulatorio debe mencionarse que cuenta con varias características de importancia, las cuales son:

- 1.Ciclo
- 2.Longitud de Onda
- 3.Frecuencia
- 4.Velocidad

ultrasonido industrial

onda ultrasónica

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

1.Ciclo

"Es la repetición completa del movimiento de la onda". Puede definirse también como: "la repetición completa del movimiento de la partícula".

2.Longitud de Onda

Se puede definir como: "la distancia requerida para completar un ciclo"; o, "la distancia desde un punto dado en un ciclo al mismo punto en el siguiente ciclo". Se identifica con la letra griega " λ " (Lambda). Se maneja en unidades del sistema internacional (metro, centímetro, milímetro) o del sistema ingles (pulgadas). En la figura No. 4 se identifica a la longitud de onda.

3.Frecuencia

Se define como: "el número total de ciclos completos que pasan por un punto por unidad de tiempo", normalmente un segundo. Se identifica con la letra "f". En ultrasonido se maneja en unidades de Hertz (Hz), que tienen la siguiente equivalencia: 1 Hertz = 1 Hz = 1 ciclo/segundo. En la figura No. 5 se ilustran ejemplos de diferentes frecuencias.

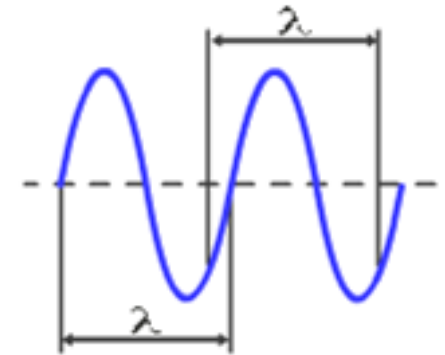


fig. 4

ultrasonido industrial

onda ultrasónica

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico



fig. 5 Diferentes frecuencias.

Debido a las frecuencias tan elevadas que se utilizan en la inspección por ultrasonido se recurre al uso de los siguientes múltiplos:

1,000 ciclos/segundo=1 KiloHertz=1 KHz

1,000,000 ciclos/segundo=1 MegaHertz=1 MHz

4.Velocidad Acústica

En ultrasonido se define como: "la distancia total de viaje por unidad de tiempo". Puede ser identificada con la letra "v " o "C", y se maneja en unidades del sistema internacional (metro/segundo, centímetro/segundo, milímetro/segundo) o del sistema ingles (pulgadas/segundo).

ultrasonido industrial

onda ultrasónica

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

La velocidad acústica está determinada principalmente por: el módulo de elasticidad del material y su densidad. La velocidad es afectada, en segunda instancia, por la temperatura del material y el modo de onda. Por definición, la velocidad es independiente de la frecuencia.

La velocidad acústica puede conocerse por diferentes medios, por ejemplo, por cálculos haciendo uso de una serie de fórmulas específicas para ello, de tablas, y muy exactamente con los instrumentos ultrasónicos actualmente utilizados. Los valores de velocidad muy pocas ocasiones son utilizados para resolver problemas de inspección.

La velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas es diferente en cada estado de la materia: sólidos, líquidos y gases, debido básicamente a la separación de las partículas (la densidad del material)

En la inspección por ultrasonido, la velocidad acústica es de gran importancia práctica puesto que los instrumentos ultrasónicos deben calibrarse considerando el valor de la misma para el material que será inspeccionado, esto se debe a que una sola calibración con un valor de velocidad no puede ser utilizada para la inspección de una variedad de materiales diferentes, ya que es una constante del material.

ultrasonido industrial

onda ultrasónica

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Relación entre Longitud de Onda, Frecuencia y Velocidad

La siguiente expresión matemática representa la relación entre las características mencionadas de la onda ultrasónica:

$$\text{Longitud de Onda} = \frac{\text{Velocidad (v)}}{\text{Frecuencia (f)}}$$

La expresión establece que la longitud de onda es directamente proporcional a la velocidad e inversamente proporcional a la frecuencia.

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

modos de onda

Como se ha mencionado, la energía ultrasónica se propaga en un material por medio de la vibración de sus partículas, se transmite de un átomo a otro. La dirección en la que vibran las partículas con respecto a la dirección en la que se propaga la onda ultrasónica hace posible la existencia de varios tipos de ondas. Los modos de vibración o de onda son:

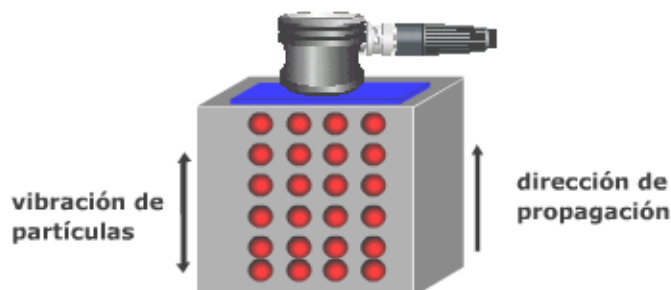
1. Ondas Longitudinales o de Compresión
2. Ondas de Corte o Transversales
3. Ondas Superficiales o de Rayleigh

En la inspección por ultrasonido, los modos de onda más frecuentemente utilizados son las ondas longitudinales y de corte.

1. Ondas Longitudinales o de Compresión (animación 1)

La característica principal de estas ondas es que provocan que las partículas vibren en dirección **paralela** con respecto a la dirección de propagación de la onda ultrasónica. También son llamadas "Ondas de Compresión", ya que existen zonas donde los planos de las partículas se encuentran extremadamente cercanos entre sí, y también existen zonas dilatadas donde los planos de las partículas están muy separados.

Ondas Longitudinales



modos de onda

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

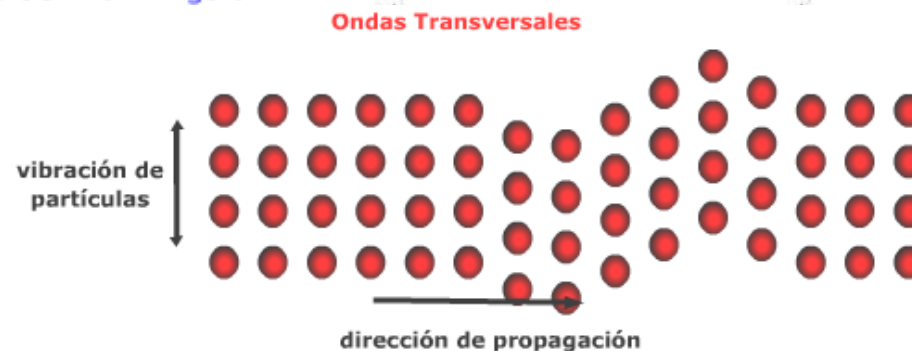
Es el único modo de onda que puede propagarse a través de sólidos, líquidos y gases. Cuando se utiliza este modo de vibración en la inspección por ultrasonido, se identifica comúnmente con el término de "Haz Recto".

1. Ondas de Corte o Transversales (animación 2)

Las ondas de corte están caracterizadas porque las partículas vibran en dirección perpendicular con respecto a la dirección de propagación de la onda ultrasónica.

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.

Son introducidas en la pieza utilizando un transductor de haz angular, en el método por contacto o inclinando el transductor, en el método de inmersión. El transductor de haz angular consiste de un accesorio transductor montado sobre una zapata de plástico, para que la onda ultrasónica entre en la pieza a un cierto ángulo. En la inspección por ultrasonido, se identifica comúnmente con el término de "Haz Angular".



ultrasonido industrial

modos de onda

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Las ondas de corte son introducidas en la pieza utilizando un transductor de haz angular, en el método por contacto, o inclinando el transductor, en el método de inmersión. El transductor de haz angular consiste de un accesorio transductor montado sobre una zapata de plástico, para que la onda ultrasónica entre en la pieza a un cierto ángulo, ver fig. 1. En la inspección por ultrasonido, se identifica comúnmente con el término de "Haz Angular".

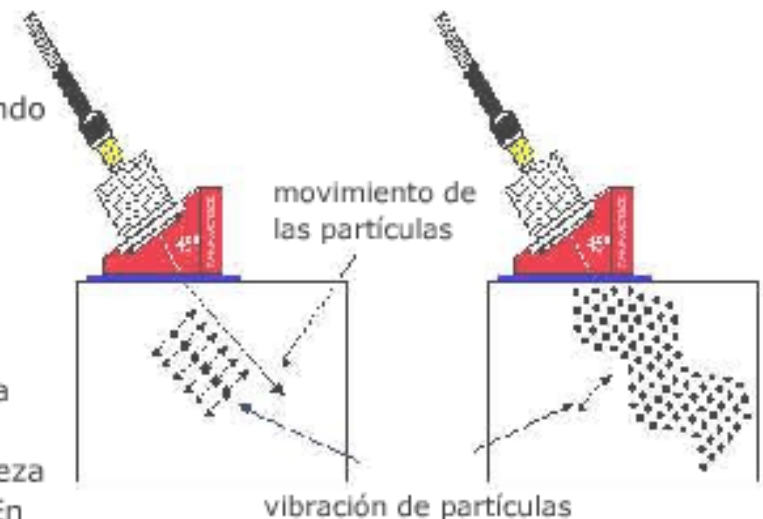


fig. 1

3. Ondas Superficiales o de Rayleigh

Las ondas superficiales originan que las partículas de la superficie o cercanas a ella vibren en forma **elíptica**

ultrasonido industrial

modos de onda

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

3. Ondas Superficiales o de Rayleigh

Las ondas superficiales originan que las partículas de la superficie o cercanas a ella vibren en forma **elíptica**

Su velocidad es de aproximadamente el 90% de la velocidad de las ondas de corte, y se propagan únicamente a través del borde o superficie libre de sólidos

Las ondas de superficie son adecuadas para detectar fallas superficiales, por ejemplo, grietas; también pueden ser usadas para detectar discontinuidades ligeramente por debajo de la superficie (hasta cerca de media longitud de onda de profundidad).

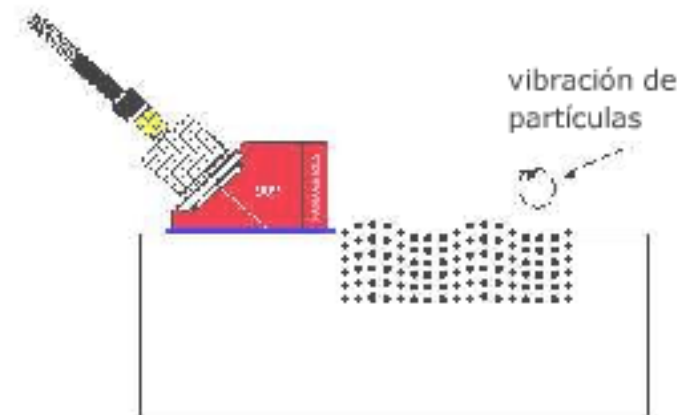


fig. 2

ultrasonido industrial

generación de vibraciones

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Las vibraciones mecánicas utilizadas para realizar mediciones, análisis o inspecciones son generadas por transductores electromecánicos. En general, un transductor es cualquier accesorio que transforme energía de una forma a otra.

El accesorio adaptado a la inspección ultrasónica es conocido como Transductor, palpador, unidad de rastreo, cristal o sonda.

El diseño y construcción de un transductor ultrasónico depende de los factores y variables involucrados en cada aplicación, las consideraciones básicas son:

- El material del elemento activo (piezoeléctrico),
- El espesor del elemento activo,
- La placa frontal,
- La forma del transductor, y
- El grado de amortiguamiento.

ultrasonido industrial

generación de vibraciones

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Existen 4 tipos básicos de transductores ultrasónicos:

1. Haz recto de contacto,
2. Haz angular de contacto,
3. Doble cristal de contacto, y
4. De inmersión.

Un transductor está constituido por diferentes elementos, el ensamble típico de un transductor (haz recto de contacto) se muestra en la fig. 1

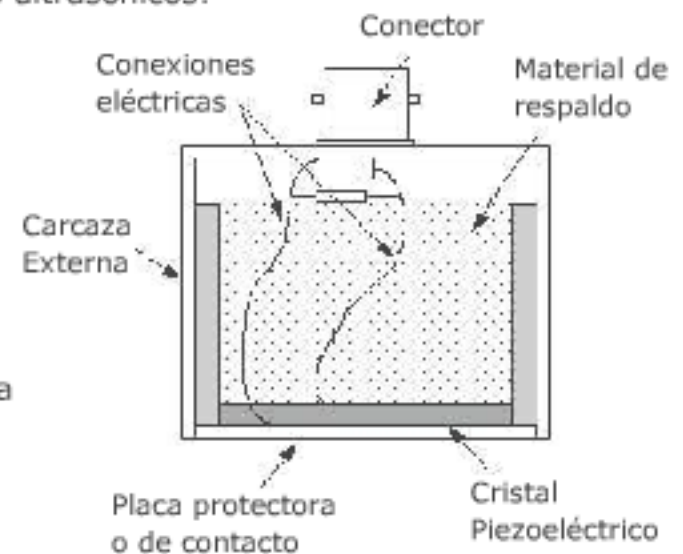


fig. 1 Partes de un transductor

ultrasonido industrial

generación de vibraciones

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

El elemento activo

El elemento principal en un transductor ultrasónico es el elemento activo. En transductores con frecuencias de hasta 100 KHz el elemento activo consiste de un elemento magnetostrictivo; por otro lado, para la inspección ultrasónica realizada con frecuencias arriba de 100 KHz, son utilizados elementos piezoeléctricos.

Efecto Piezoeléctrico (animación 1)

Directo

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

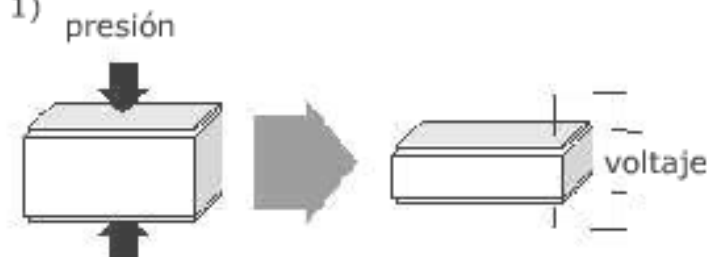


fig.2 Efecto piezoeléctrico Directo

Inverso

Propiedad de ciertos materiales que les permite producir un campo eléctrico cuando son sometidos a una presión que provoque una deformación mecánica (permite transformar un pulso eléctrico en un pulso mecánico)

ultrasonido industrial

generación de vibraciones

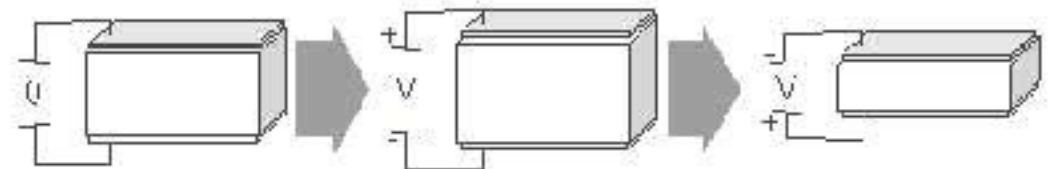


fig.3 Efecto piezoeléctrico Inverso

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Cristales Piezoeléctricos

Los materiales piezoeléctricos con las mejores características para transductores ultrasónicos son:

- Cuarzo (Cristal piezoeléctrico natural
- Sulfato de Litio
- Cerámicas Polarizadas: Titanato de Bario, Metaniobato de Plomo, Titanato Zirconato de Plomo

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

Frecuencia alta---Cristal delgado

Frecuencia baja---Cristal grueso

generación de vibraciones

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Material de respaldo

El material de respaldo que soporta al elemento activo tiene una gran influencia sobre la funcionalidad del transductor ultrasónico. Las variaciones en la construcción o en el material de respaldo pueden hacer a un transductor ideal para una aplicación y muy malo para otra.

El material de respaldo tiene dos funciones

- Debe amortiguar las oscilaciones de inercia del elemento activo. Al realizar esta función controla el ancho de banda del transductor.
- Debe absorber las vibraciones hacia el interior del transductor para que no interaccionen con la carcasa. El material de respaldo es fabricado de fibras plásticas o polvos de metal (por ejemplo tungsteno) combinados con varios materiales plásticos

La placa frontal

Las funciones principales de la placa frontal son: proteger al elemento activo de las condiciones presentes durante la inspección, y, en algunos casos, actuar como un lente. En transductores de contacto, debe ser de un material durable y resistente a la corrosión.

En transductores de inmersión, de haz angular y con línea de retardo tiene la función adicional de servir como un transformador entre el elemento activo y el agua, la zapata o la línea de retardo.

clasificación los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de
transductores

principios de los
transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

Transductores de Haz Recto de Contacto.

Contienen un solo elemento activo que genera ondas longitudinales. Es el transductor frecuentemente utilizado por considerarse el más versátil en la detección de fallas. Debido a que es utilizado en contacto directo con la pieza su superficie de contacto, en general, es de un material altamente resistente al desgaste. La figura No. 16 ilustra ejemplos de transductores de haz recto de contacto.



fig.4 Transductores de haz recto de contacto

Aplicaciones:

- Detección de fallas con haz recto
- Medición de espesores
- Detección y dimensionamiento de laminaciones
- Caracterización de materiales y medición de la velocidad del sonido
- Inspección de placas, billets, barras, forjas, fundiciones, extrusiones y una variedad de otros materiales metálicos y componentes no metálicos

ultrasonido industrial

clasificación los transductores

onda ultrasónica
modos de onda
generación de
vibraciones

clasificación de
transductores

principios de los
transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

Dentro de los transductores de haz recto de contacto encontramos a los **transductores con línea de retardo**, los cuales son utilizados en conjunto con una línea de retardo (un tipo de zapata) que en general es reemplazable.

Ventajas del uso de transductores con línea de retardo:

- Proporcionan buena resolución cercana
- Líneas de retardo con contorno mejoran el acoplamiento sobre superficies curvas
- En algunas aplicaciones son utilizados gracias a que las líneas de retardo proporcionan protección al transductor, por ejemplo en la inspección de superficies rugosas
- Inspección de materiales a temperaturas elevadas, en estas condiciones se recomienda que el acoplamiento sea intermitente, con un tiempo máximo de contacto de 10 segundos.

Transductores de Haz Angular de Contacto

Estos transductores utilizan los principios de refracción y conversión de modo para producir ondas transversales refractadas en la pieza inspeccionada.



fig.1 Transductores con línea de retardo

ultrasonido industrial

clasificación los transductores

onda ultrasónica
modos de onda
generación de
vibraciones

clasificación de
transductores

principios de los
transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

Utilizan una zapata, normalmente fabricada de una resina (plexiglass, perspex, lucita, etc.) para que el ultrasonido viaje en forma inclinada, con lo que al ser reflejado por la superficie posterior mejora la habilidad de detección de discontinuidades con una orientación que no es paralela a la superficie de entrada.



fig.2 Transductores de haz angular de contacto

Aplicaciones:

- Inspección de uniones soldadas
- Detección y dimensionamiento de grietas
- Inspección de sistemas de tubería, tubos, forjas, fundiciones y componentes estructurales
- Transductores de alto amortiguamiento pueden ser utilizados en técnicas de difracción de tiempo de vuelo
- Detección de fallas a temperatura ambiente o altas temperaturas

ultrasonido industrial

clasificación los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

Transductores de Doble Cristal (Duales) de Contacto

Estos transductores cuentan con dos elementos activos en una misma carcasa, montados sobre líneas de retardo y ligeramente inclinados y se encuentran separados por una barrera acústica. Un elemento actúa como transmisor de ondas longitudinales y otro como receptor

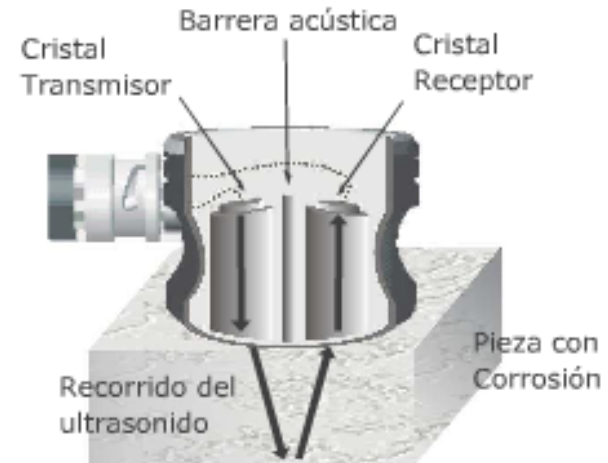


fig.3 Transductor dual

Ventajas:

- Se elimina el disparo principal mejorando la resolución cercana
- El diseño del haz inclinado proporciona un pseudo-foco que los hace más sensibles a ecos de reflectores de forma irregular tales como corrosión o picaduras
- No se requiere el uso de líneas de retardo extras para aplicaciones en altas temperaturas
- Buen acoplamiento sobre superficies curvas o rugosas

ultrasonido industrial

clasificación los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de
transductores

principios de los
transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

- Reduce el ruido en materiales de grano grueso o de gran dispersión
- Ideal para aplicaciones a bajas temperaturas.

Aplicaciones

- Medición del espesor remanente de pared
- Monitoreo de corrosión/erosión
- Inspección de soldadura de recubrimiento y determinar buena/mala adherencia
- Detección de discontinuidades, inclusive en espesores delgados.



fig.4 Transductores duales

Transductores de inmersión

Están diseñados para situaciones donde la pieza inspeccionada está parcial o totalmente sumergida en acoplante, generalmente agua.

ultrasonido industrial

clasificación los transductores

onda ultrasónica
modos de onda
generación de
vibraciones

clasificación de
transductores

principios de los
transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

Ofrecen tres ventajas sobre los transductores de contacto:

- Acoplamiento uniforme que reduce las variaciones en la sensibilidad
- Reducción del tiempo de barrido gracias al barrido automatizado
- Uso de transductores focalizados que incrementan la resolución y además la sensibilidad para reflectores pequeños.

Están disponibles en tres configuraciones diferentes: no focalizados (planos), focalizados esféricos (puntuales), y focalizados cilíndricos (línea). Un transductor no focalizado es utilizado en aplicaciones generales o para inspección de materiales de espesor grueso; un transductor focalizado esférico es usado para mejorar la sensibilidad para discontinuidades pequeñas, y un transductor cilíndrico es utilizado para la inspección de tubería o barras.

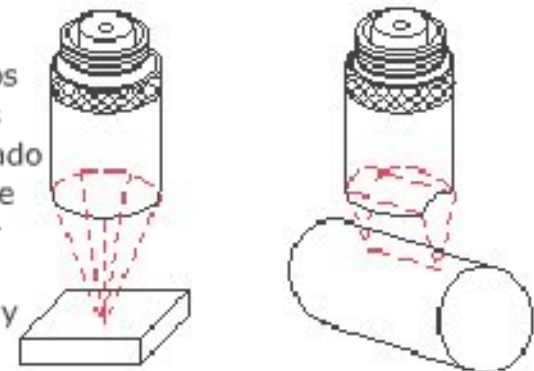


fig.5 Transductores de inmersión

Aplicaciones:

- Barridos automáticos
- Medición de espesores en línea
- Detección de fallas a alta velocidad en tubería, barras, tubos, placas y otros componentes
- Aplicación de la técnica de tiempo de vuelo
- Prueba de transmisión
- Análisis de material y mediciones de velocidad

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de

transductores

**principios de los
transductores**

**características de
propagación**

**características del
haz ultrasónico**

Ancho de banda.

El transductor produce una banda de energía ultrasónica que cubre un rango de frecuencias. El rango es expresado como ancho de banda. El material de respaldo y el grado de amortiguamiento sobre el elemento activo determina el ancho de banda de un transductor. Los transductores se clasifican, basándose en su ancho de banda, como sigue:

Transductor de banda ancha

El elemento activo se encuentra fuertemente amortiguado y son producidos pulsos cortos que cuentan con las siguientes características:

- Reducción del campo muerto
- Se producen pulsos de corta duración, que contienen uno o dos ciclos
- Gran poder de resolución
- Menor sensibilidad
- Menor poder de penetración
- Mejor relación señal-ruido

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

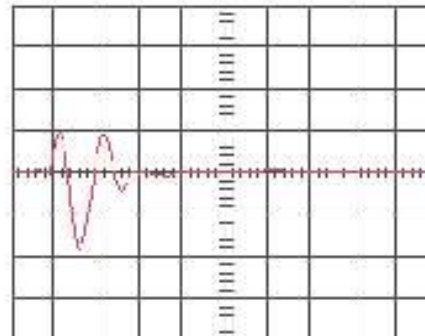
clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

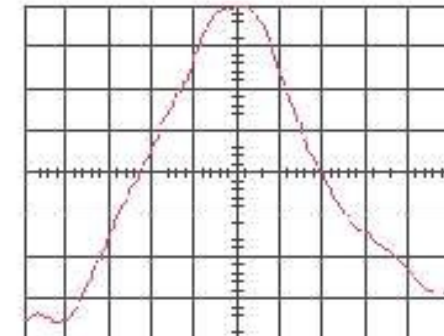
características del haz ultrasónico

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

Espectro de frecuencias



Frecuencia superior 7.00 MHz
Ancho de banda 4.25 MHz

Transductor de banda angosta

El elemento activo se encuentra ligeramente amortiguado y son producidos pulsos largos que cuenta con las siguientes características:

- Incremento del campo muerto
- Se producen pulsos de larga duración, que contienen de tres a cinco ciclos
- Mayor sensibilidad
- Mayor poder de penetración

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

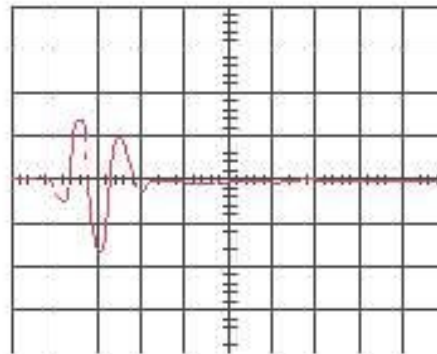
clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

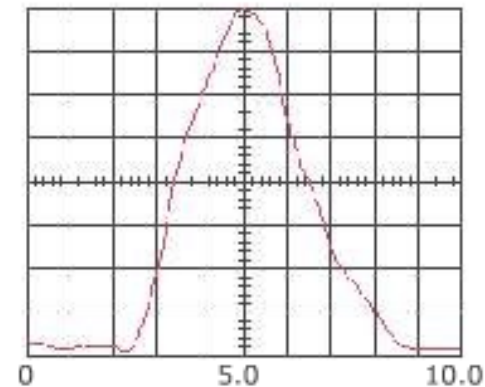
características del haz ultrasónico

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

Espectro de frecuencias



Frecuencia superior 6.50 MHz
Ancho de banda 3.10 MHz

La siguiente clasificación de transductores ofrece tres diferentes opciones en sus aplicaciones, basándose en el grado de amortiguamiento y ancho de banda del transductor:

Accuscan "S"

Esta serie de transductores proporciona una excelente sensibilidad en situaciones donde la resolución no es de gran importancia. Típicamente esta serie produce una

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

forma de onda de mayor duración y cuenta con una banda angosta.

Accuscan "R"

Esta serie está diseñada para reducir el pulso de excitación y el tiempo de recuperación del eco de entrada, mientras mantiene una buena sensibilidad en la frecuencia central del transductor.

Videoscan

Estos transductores son de alto amortiguamiento, por lo cual son de banda ancha. Son la mejor selección en aplicaciones donde es necesaria una buena resolución axial o en distancia, o en inspecciones que requieren mejorar la relación señal-ruido en materiales que producen gran dispersión o atenuación.

El transductor es un componente crítico del sistema de inspección, aun 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.

Una de las primeras consideraciones es la selección adecuada de la frecuencia. Usualmente, es preferible inspeccionar a la frecuencia mas baja con la cual se pueda detectar un tamaño mínimo especificado y un tipo de discontinuidad,

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

consistentemente. Debido a las variaciones en la estructura interna de los materiales, es imposible seleccionar la frecuencia óptima sin experiencia o sin alguna prueba.

En general, aceros de grano fino son inspeccionados con frecuencias de 2.25 a 5.0 MHz, y para detectar discontinuidades pequeñas usualmente se selecciona 10 MHz; fundiciones de acero de medio carbón son generalmente inspeccionadas con frecuencias de 1 a 5 MHz; fundiciones de acero de alto carbón pueden requerir una baja frecuencia, como 0.5 MHz.

En base al grado de amortiguamiento, 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 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. Un alto grado de amortiguamiento ayuda al tiempo de recuperación del

ultrasonido industrial

principios de los transductores

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

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.

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 superficie que resiste al desgaste. Por último la selección adecuada del diámetro del transductor.

ultrasonido industrial

características de propagación

onda ultrasónica

modos de onda

generación de

vibraciones

clasificación de

transductores

principios de los

transductores

características de
propagación

características del
haz ultrasónico

En las técnicas de inspección por ultrasonido se debe considerar el siguiente principio: la propagación de un haz ultrasónico es influenciada por las propiedades acústicas del medio en el cual se propaga.

Impedancia acústica

Un parámetro de importancia en un material es su impedancia acústica, la cual se define como: la resistencia que oponen los materiales a la propagación del sonido. La impedancia acústica (Z) está definida como el producto de la densidad del material (ρ) y la velocidad de propagación del sonido (v), normalmente longitudinal, está dada por:

$$Z = \rho * v$$

Efectos de interfases acústicas

Las variaciones en las propiedades acústicas del medio en el que se propaga un haz ultrasónico pueden producir: reflexión, refracción, conversión de modo y difracción del haz, o combinaciones de estos efectos.

En condiciones que no sean ideales, una situación común en las aplicaciones prácticas, el análisis completo de todos los efectos involucrados es difícil y en muchas ocasiones olvidado, con los consecuentes errores durante la interpretación en la

características de propagación

onda ultrasónica

modos de onda

generación de vibraciones

clasificación de transductores

principios de los transductores

características de propagación

características del haz ultrasónico

inspección por ultrasonido.

Los factores típicos que producen variación en los efectos son: la rugosidad superficial, la curvatura de la pieza, variaciones en la estructura, la forma irregular de las discontinuidades y las características no uniformes del haz ultrasónico.

La **Interfase acústica** es el límite entre dos materiales o medios con diferente impedancia acústica.

Reflexión

Uno de los efectos que se presentan durante la propagación de una onda ultrasónica, y en el cual se basa en cierta medida la inspección por ultrasonido, es la reflexión, una onda ultrasónica es "reflejada" cuando encuentra un cambio en el material, una interfase acústica. (animación 1)

A continuación se establecen dos situaciones relacionadas con la reflexión:

1. Cuando la onda que incide es perpendicular a la interfase acústica, conocida como: **incidencia normal**, la onda es reflejada hacia la fuente desde la cual fue emitida, en la misma dirección pero en sentido opuesto
2. Cuando la onda que incide es oblicua a la interfase acústica (un ángulo diferente a 0° con respecto a la normal a la interfase acústica, conocida como: **incidencia angular**, la onda es reflejada a un ángulo igual al de incidencia

características de propagación

onda ultrasónica

(animación 1)

Coefficiente de reflexión R:

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

Coefficiente de transmisión T:

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

$$T = 1 - R$$

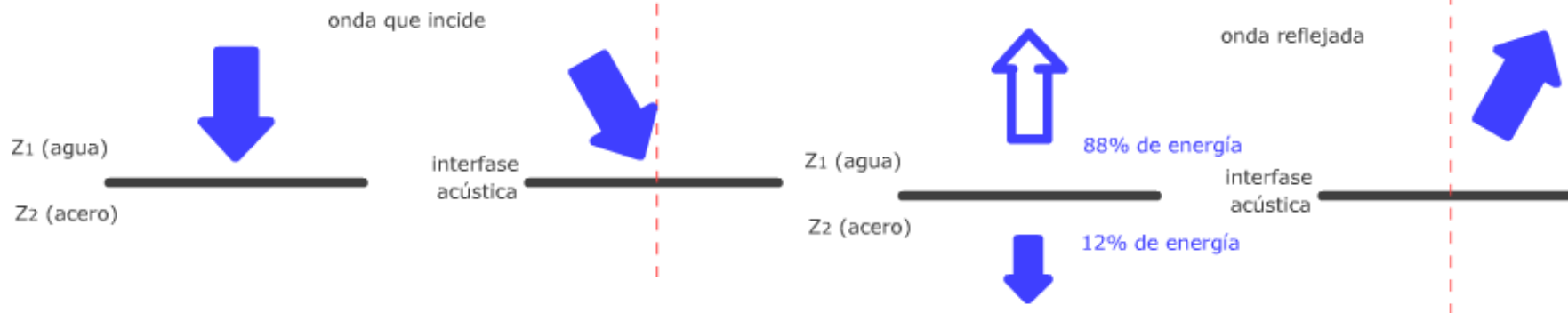
Reflexión

Incidencia Normal

Incidencia oblicua

Incidencia Normal

Incidencia oblicua



características de propagación

Refracción

La refracción es otro efecto que puede presentarse durante la propagación de una onda ultrasónica, es: el cambio de dirección de una onda ultrasónica cuando pasa de un medio a otro medio con diferente velocidad y con un ángulo de incidencia diferente a cero grados con respecto a la norma de la interfase. (animación 2)

En la **incidencia oblicua** la relación entre los ángulos de la onda de incidencia y el de las onda transmitida están dadas por una ecuación conocida en óptica como :

"Ley de Snell"

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

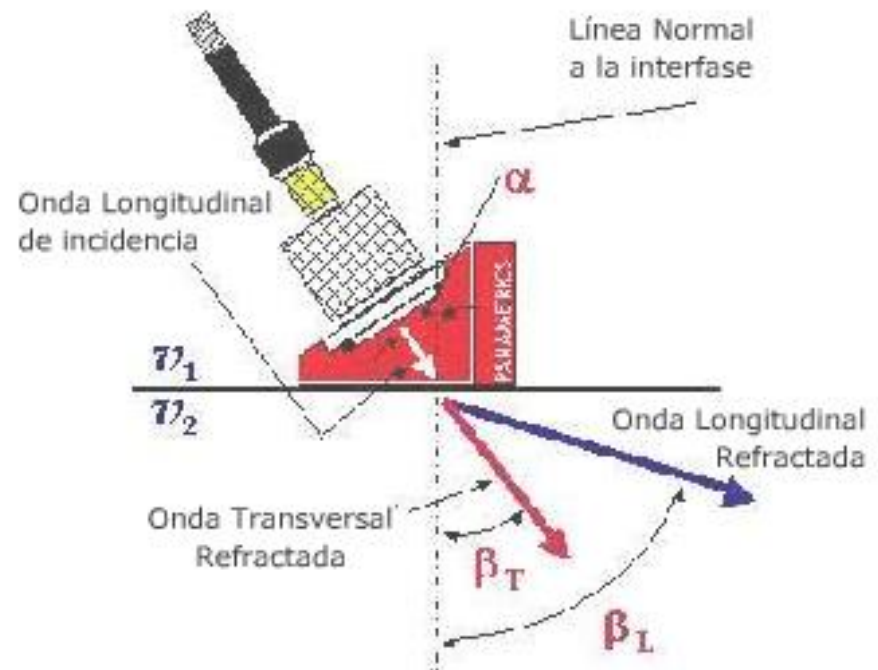
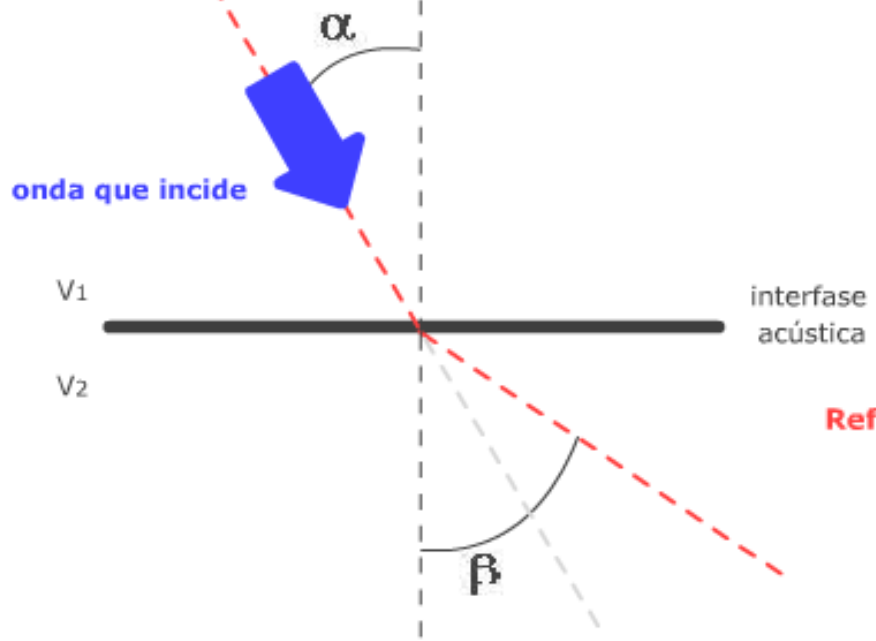


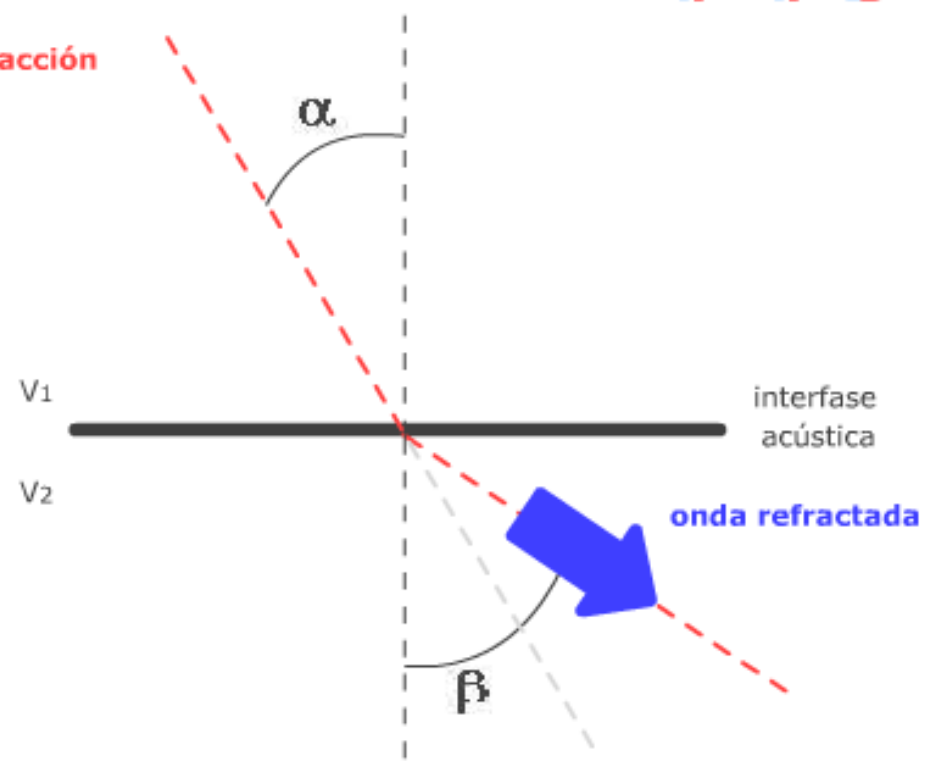
fig.2 Refracción

características de propagación

Refracción



Refracción



ultrasonido industrial

características de propagación

Conversión de Modo

Cuando una onda ultrasónica incide sobre una interfase acústica, parte de su energía puede ser convertida en otros modos de vibración (o tipos de onda), durante la reflexión o la refracción; este efecto es causado por que la onda tenga un ángulo de incidencia diferente a cero grados con respecto a la normal a la interfase acústica (animación 3)

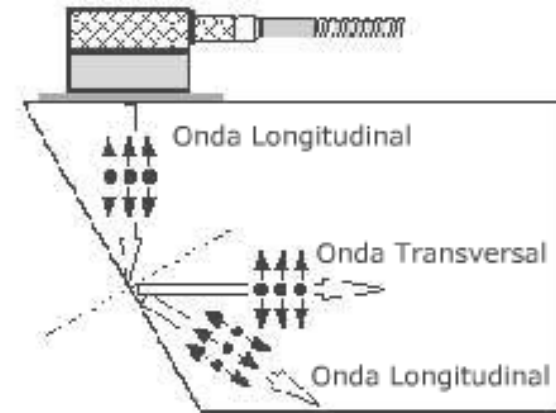
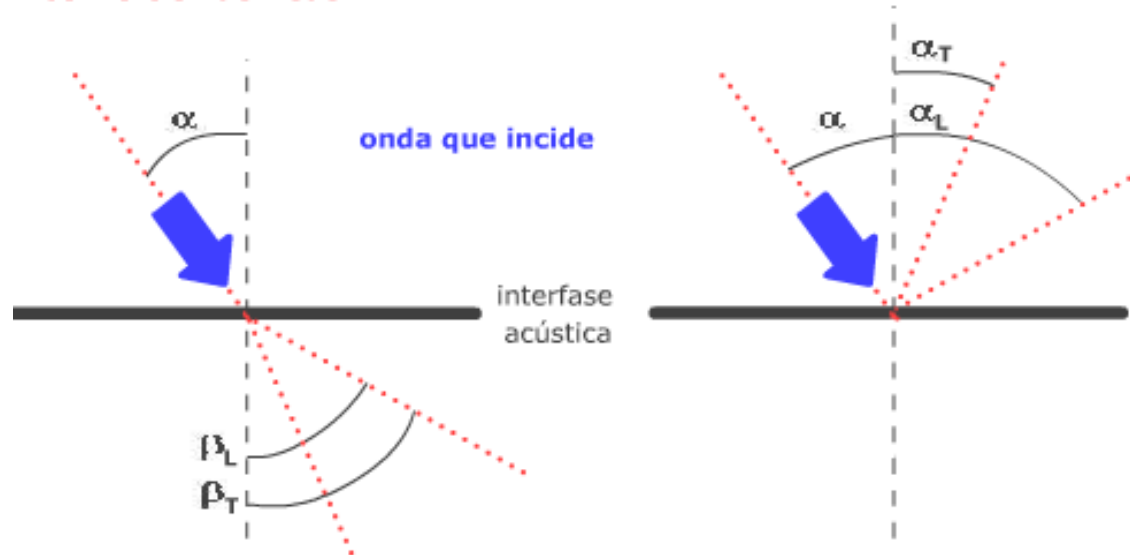


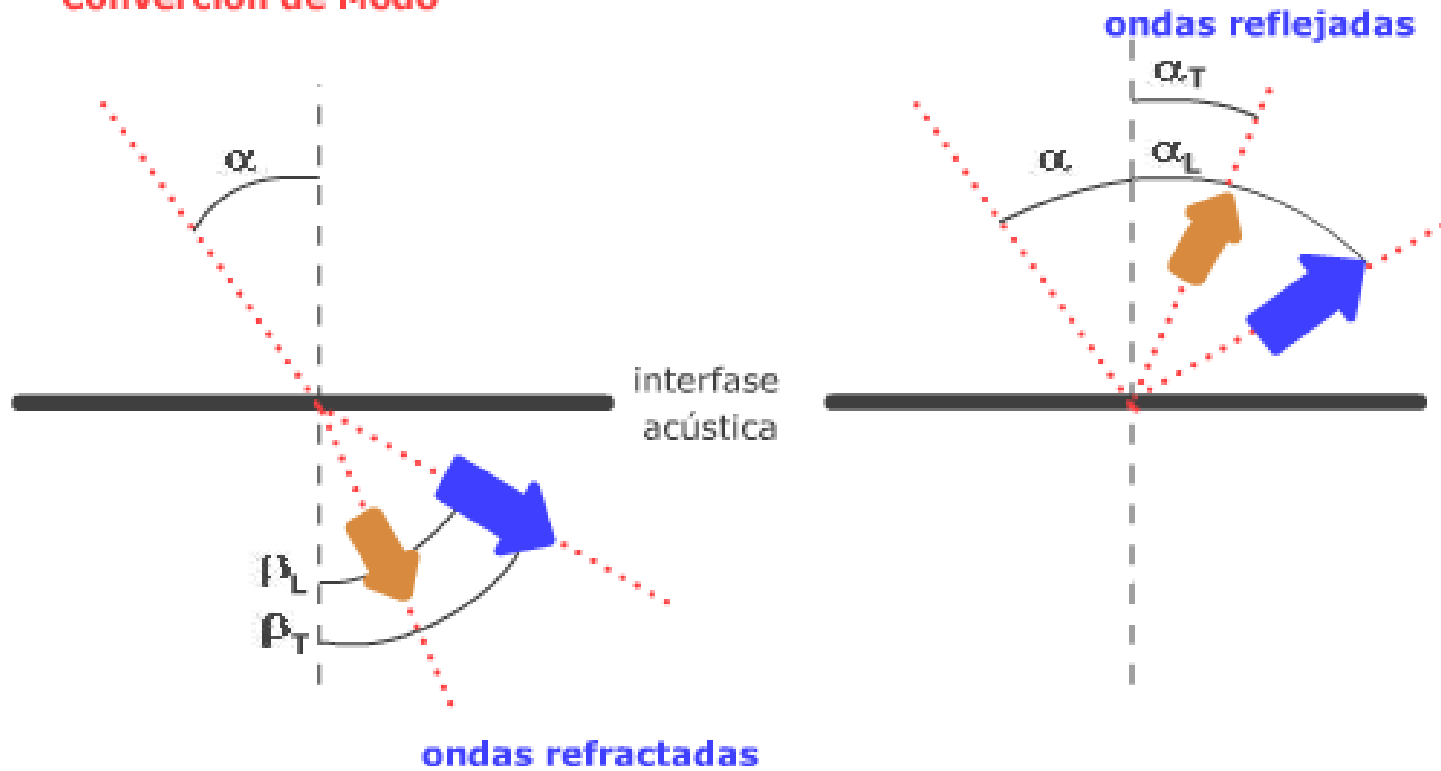
Fig. 3 Conversión de modo

Converción de Modo



características de propagación

Conversión de Modo



ultrasonido industrial

características de propagación

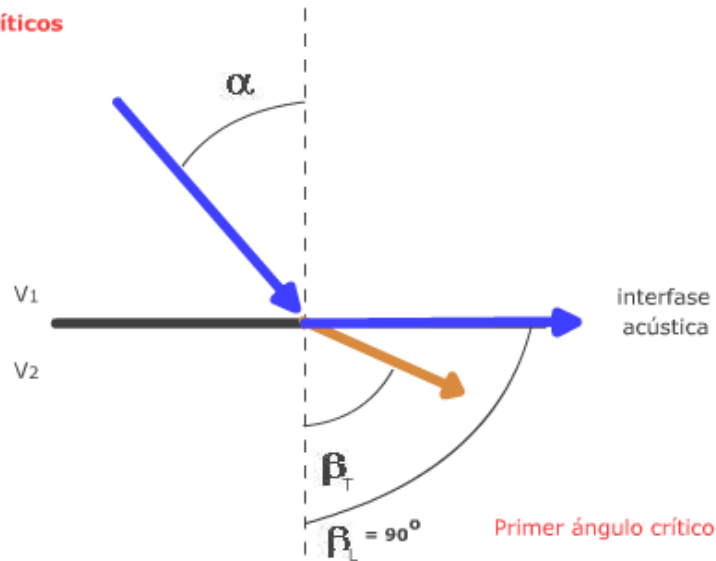
Primer ángulo crítico

Es el valor del ángulo de incidencia a con el cual la onda longitudinal es refractada a 90° con respecto a la normal (animación 4)

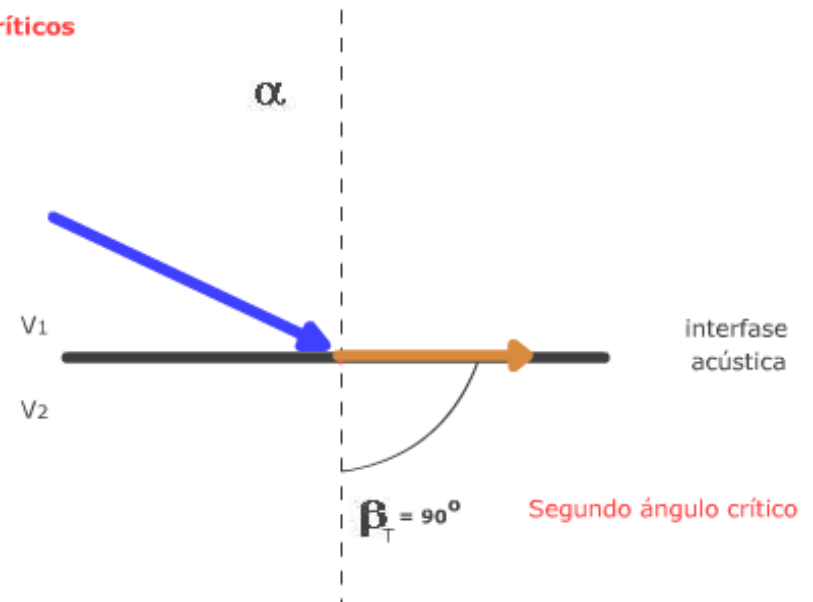
Segundo ángulo crítico.

Es el valor del ángulo de incidencia con el cual la onda de corte es refractada a 90° con respecto a la normal (animación 4)

Angulos Críticos



Angulos Críticos



características de propagación

Atenuación

La teoría elemental de las ondas planas asume normalmente que no existen otros efectos además de las pérdidas por transmisión, sin embargo, la pérdida de energía ocurre en todos los materiales, en algunos casos en gran proporción, por lo que debe ser considerada en ciertos aspectos de la inspección ultrasónica.

Atenuación se define como: la disminución o pérdida gradual de la intensidad o energía de una onda ultrasónica al propagarse a través de un medio.

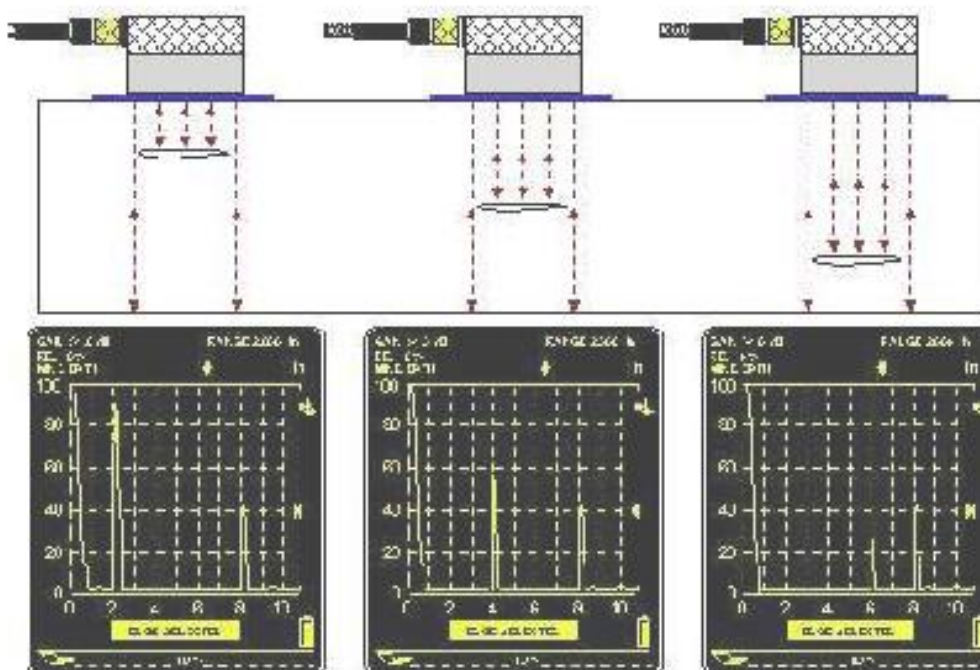


fig. 4 Atenuación

ultrasonido industrial

características de propagación

En la fig. 4 son mostrados los efectos que se presentan durante la inspección por ultrasonido debido a las pérdidas de energía, la figura representa lo que podría observarse en la pantalla del instrumento ultrasónico; se considera la presencia de discontinuidades con las mismas características (forma, dimensiones, etc.) pero localizadas a diferente profundidad por lo cual las indicaciones varían en su amplitud

La atenuación se debe a varios mecanismos de pérdida, que son:

El acoplamiento.

Con anterioridad mencionamos que en una interfase acústica parte de la energía que incide se refleja y parte se transmite debido a las diferencias de impedancias acústicas, además, existen pérdidas debidas a la condición o acabado superficial, por la presión que se ejerza sobre el transductor se puede variar la cantidad de acoplamiento que exista entre el transductor y la pieza que está siendo inspeccionada.

Divergencia del Haz

En materiales isotópicos, 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 esta distribuida en un área mayor.

características de propagación

Dispersión del Medio

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

Absorción

Las ondas ultrasónicas son absorbidas, en algunos materiales principalmente, debido a mecanismos de pérdida de energía tales como fricciones internas. Cuando la onda ultrasónica se propaga a través de estos materiales, parte de su energía mecánica se transforma en calor y no puede ser recuperada.

Difracción

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



fig. 7 Difracción

características del haz

En su propagación un haz ultrasónico no se comporta como un pistón, es decir, no tiene una proyección con lados rectos y con intensidad uniforme desde la cara del transductor

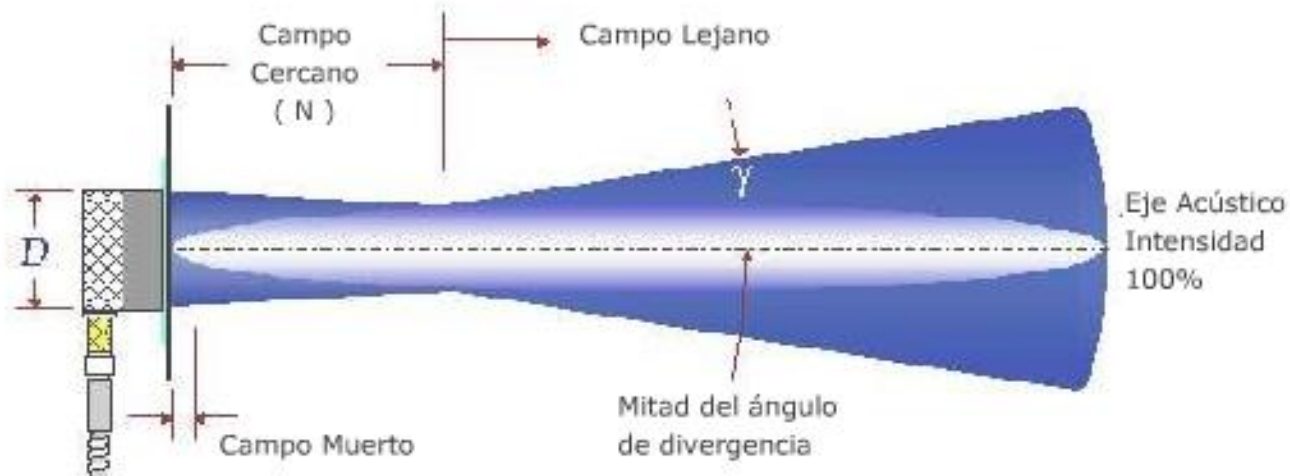


fig1. Haz ultrasónico

Campo Muerto o Zona Muerta

En la inspección con haz recto por contacto, existe un espacio frente a la cara del palpador en el cual no se puede observar la reflexión de una discontinuidad cercana a la superficie ya que el pulso inicial en la pantalla es demasiado grande, se debe a que la energía reflejada regresaría al palpador mientras está todavía transmitiendo.

Eje central o acústico

Es la línea central a lo largo del haz ultrasónico donde se concentra la energía (donde se encuentra el 100% de la intensidad de acuerdo a la distancia desde el transductor).

ultrasonido industrial

características del haz

Campo Cercano o Zona de Fresnel

Desde la cara del transductor existe un área que se caracteriza por variaciones en la intensidad del haz ultrasónico, debido a que la distribución de presiones 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, emitiendo un frente de onda esférico, 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. La fig. 2 ilustra el principio de Huygen.

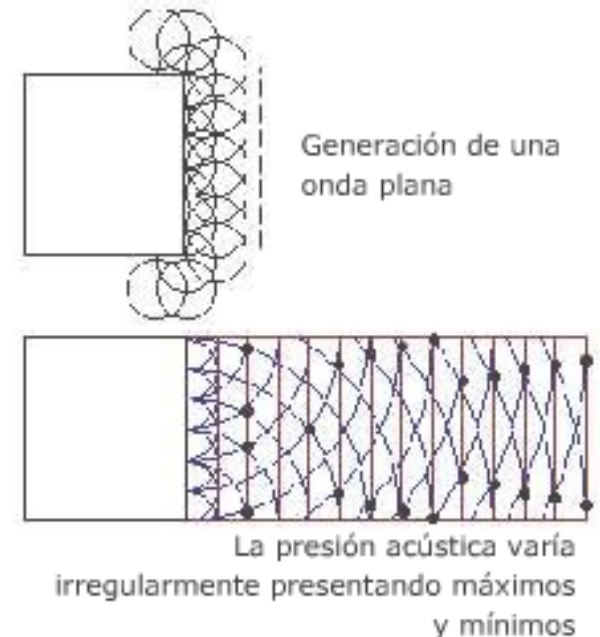


fig. 2 Principio de Huygen

características del haz

Debido a las variaciones en amplitud inherentes, esta zona no es recomendada para la inspección. En esta zona se puede detectar discontinuidades, medir espesores o conocer la profundidad a la que se encuentra una discontinuidad pero no se pueden evaluar discontinuidades por comparación contra indicaciones obtenidas de reflectores conocidos a diferentes profundidades y cuando su área es menor que la del transductor, ver fig. 2.

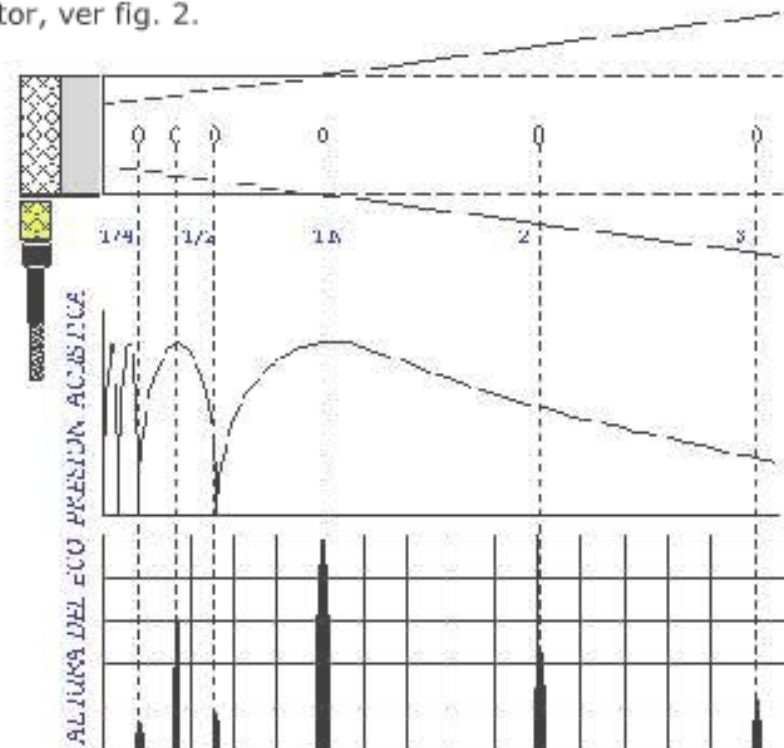


fig. 2. Efectos del campo cercano

ultrasonido industrial

características del haz

Con diámetros de elementos transductores y frecuencias más pequeñas se obtienen longitudes de campo cercano más cortas. La longitud del campo cercano puede calcularse en forma teórica con la siguiente ecuación:

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

Donde:

N=Longitud del Campo Cercano

D=Diámetro del Transductor

f =Frecuencia del Transductor

v=Velocidad de la onda ultrasónica

λ =Longitud de Onda

A=Área de la cara del transductor

Campo Lejano o Zona de Fraunhofer

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

En esta zona comienza la divergencia del haz ultrasónico

Divergencia del haz

En el campo cercano el haz ultrasónico se propaga en línea recta desde la cara del palpador, en el campo lejano el sonido se esparce hacia afuera (presenta divergencia) como se muestra en la fig.3. A una frecuencia dada, entre mayor sea el diámetro del transductor el haz será mas recto; con transductores de menor diámetro el haz

ultrasonido industrial

características del haz

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

$$\text{Sen } \gamma: 1.22 \frac{v}{Df}$$

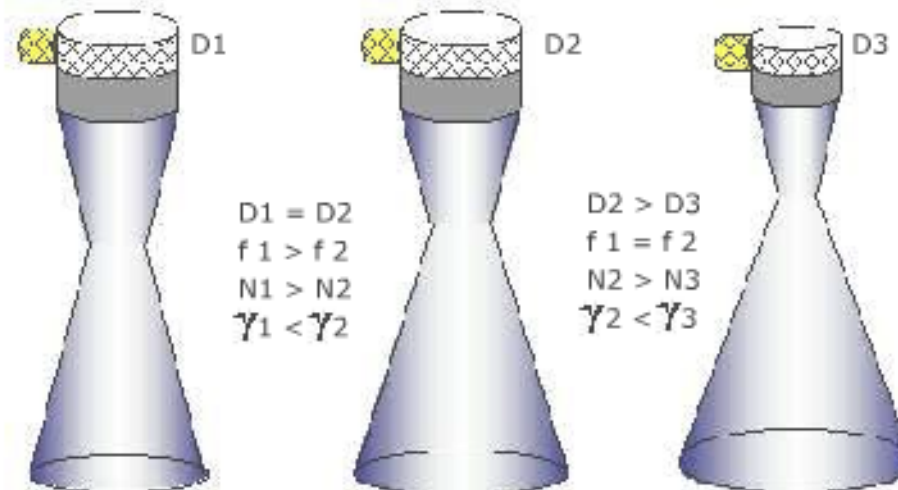
Donde:

γ = Mitad del ángulo de divergencia

D = Diámetro del Transductor

f = Frecuencia del Transductor

v = Velocidad de la onda ultrasónica



Cuestionario UT Segunda Lección

1. ¿Cuáles son los modos de propagación de las ondas ultrasónicas?
2. ¿Cuál es el primero y el segundo crítico de un palpador?
3. ¿Qué son los acoplantes para contacto directo?
4. ¿Cuáles son los acoplantes para Inmersión?
5. ¿Qué es el efecto de la condici^ona superficial?
6. ¿Qué es el efecto de acabado superficial?
7. ¿Qué es el efecto de la curvatura superficial?
8. ¿Qué es la incidencia normal?
9. ¿Qué es la incidencia angular?
10. ¿Qué relación hay entre frecuencia y diámetro del cristal?

ultrasonido industrial

ROTARI
Ing. END e Insp.

Equipo Ultrasonico
Capitulo III



ultrasonido industrial

el instrumento ultrasónico

medidor ultrasónico
de espesores

detector ultrasónico
de fallas



el instrumento ultrasónico

Básicamente todos los instrumentos ultrasónicos realizan las funciones de generar, recibir, medir la amplitud y determinar el tiempo del viaje de pulsos eléctricos, aunque los controles y funciones usadas en un instrumento pueden variar encarecterísticas y capacidades (animación 1)

En la actualidad se cuenta con instrumentos:

- Medidores de espesores,
- Medidores de espesores con barrido "A",
- Detectores de fallas completamente digitales.

Sin embargo, en cualquier instrumento ultrasónico podemos encontrar los controles básicos sin importar el modelo o marca.

ultrasonido industrial

medidor de espesores

Teoría de operación

El medidor de espesores opera con un transductor dual por la técnica pulso-eco, obtiene la reflexión de ondas sonoras desde la pared posterior de la pieza. Esta técnica es derivada del sonar la cual es muy aplicada dentro de las pruebas no destructivas.

El elemento transmisor genera un pulso ultrasónico, cuando es excitado por un pulso eléctrico pequeño (animación 1)

Las ondas sonoras viajan a través de la pieza de prueba y son reflejadas por su superficie posterior.

Las ondas reflejadas o ecos son capturados por el elemento receptor del transductor, donde son convertidas nuevamente en señales eléctricas y son enviadas al receptor - amplificador para ser procesadas.

el instrumento
ultrasónico

medidor ultrasónico
de espesores

detector ultrasónico
de fallas



ultrasonido industrial

el instrumento
ultrasónico

medidor ultrasónico
de espesores

**detector ultrasónico
de fallas**



detector ultrasónico de fallas

Son considerados más versátiles que los medidores de espesores, ya que, entre otras aplicaciones, se puede estimar el tamaño de una discontinuidad.

El instrumento se ajusta para que la altura de un eco represente la amplitud producida por un reflector de tamaño conocido en un estándar de referencia; para determinar la diferencia en magnitud entre las señales, de la discontinuidad y el estándar de referencia, el operador ajusta el eco de la discontinuidad usando el control de amplificación.

Se deben observar las señales producidas a diferentes distancias y con diferencias en condición superficial.

Los instrumentos ultrasónicos tienen su control de amplificación calibrado en decibeles (dB), que es una unidad logarítmica.

Las fórmulas para convertir una relación de amplitudes a decibeles y viceversa es:

$$N_{db} = 20 \log_{10} (A_2 / A_1) \quad A_2 / A_1 = 10^{N/20}$$

Cuestionario UT Tercera Lección

1. ¿Qué es un Instrumento Ultrasónico?
2. ¿Cuáles son los tipos de instrumentos ultrasónicos que usted conoce?
3. ¿Qué es un medidor de espesores?
4. ¿Cuál es el principio de operación de un medidor de espesores?
5. ¿Qué es el detector ultrasónico de fallas?
6. ¿Qué es el efecto de acabado superficial?
7. ¿Cuál es el principio de operación de un detector ultrasónico de fallas?
8. ¿Qué es la Zona de Fresnel?
9. ¿Qué es Eje Central?
10. ¿Cómo se convierte una relación de amplitudes a decibeles?

ultrasonido industrial

ROTARIC
Ing. END e Insp.

Técnicas de Inspección
Capitulo IV



ultrasonido industrial

acoplantes

Para realizar una inspección por ultrasonido en forma satisfactoria es necesario que exista la transmisión de las ondas ultrasónicas desde el transductor a la pieza de prueba, para lograrlo se recurre al uso de un medio líquido o semilíquido que sirve como puente, este medio es conocido como "acoplante".

acoplantes

métodos y técnicas de inspección

detección de discontinuidades

Como sabemos, el aire es un transmisor muy pobre de las ondas ultrasónicas. Ya que la diferencia de impedancias acústicas entre él y la mayoría de sólidos es muy grande, una capa muy delgada de aire evita severamente la transmisión de las ondas ultrasónicas. Basándose en lo anterior, el objetivo principal del uso de acoplante es eliminar el aire atrapado en el espacio entre las superficies del transductor y de la pieza inspeccionada; además, sirve como lubricante para reducir la fricción entre las superficies de ambos con lo que se reduce el desgaste del transductor y se facilita su desplazamiento sobre la superficie de la pieza.

Los materiales utilizados como acoplantes podrían contar con una serie de características deseables, dentro de las que se incluyen a:

- Humectabilidad, que ayuda al acoplante a "mojar" las superficies del transductor y de la pieza
- Viscosidad, apropiada para que el acoplante permanezca sobre la superficie de la pieza y no se escurra fácilmente
- Costo, lo más bajo para que sea de fácil adquisición
- Remoción, que sea fácilmente aplicado y principalmente para eliminar a un grado adecuado los residuos.



acoplantes

acoplantes

métodos y técnicas de inspección

detección de discontinuidades



- No corrosivos, que no reaccione con el material inspeccionado y evitar con esto que ciertos materiales que son susceptibles a corrosión o agrietamiento, sean afectados por la presencia de contaminantes
- No tóxico, para evitar que el personal técnico sufra de intoxicación por su manejo
- Atenuación, lo más baja posible para reducir pérdidas de la energía de la onda ultrasónica dentro de él
- Impedancia acústica, que sea similar a la de los diferentes materiales, para que sea transmitida la mayor energía posible de la onda ultrasónica

Para realizar la inspección por el método de contacto, los materiales comúnmente usados como acoplantes, incluyen: Aceites con varios grados de viscosidad, glicerina, pastas especiales, goma de celulosa, agua, grasa, y en algunas aplicaciones especializadas se ha llegado a utilizar laminas de elastómeros.

Para la inspección por el método de inmersión, el agua es el acoplante ampliamente utilizado, es económica, abundante y relativamente inerte. En algunos casos es necesario agregar agentes humectantes, aditivos anticorrosivos (para prevenir la corrosión) y agentes antiespumantes (asegurar la ausencia de burbujas y evitar el crecimiento de bacterias y algas).

El acoplante debe ser dispersado sobre la superficie de la pieza inspeccionada para formar una capa uniforme y delgada.

En la selección del acoplante, el técnico debe considerar todos o casi todos los factores siguientes:

- El acabado o condición de la superficie de la pieza,
- El tipo de material,
- La temperatura de la pieza,
- La orientación de la superficie,
- La disponibilidad del acoplante, y
- La posibilidad de reacciones químicas con la superficie

ultrasonido industrial

métodos y técnicas

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. (animación 1)

Método práctico para la inspección de artículos de grandes dimensiones como: Placas, estructuras y recipientes a presión.

Inmersión

Cuando el transductor esta separado de la superficie de la pieza inspeccionada por una columna de acoplante, generalmente agua. (animación 2)

Existen dos situaciones prácticas, tanto el transductor como la pieza de prueba se sumergen en el acoplante, o solamente el transductor se encuentra sumergido en el acoplante utilizando algún accesorio.

acoplantes

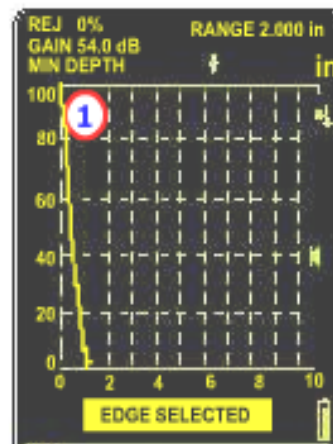
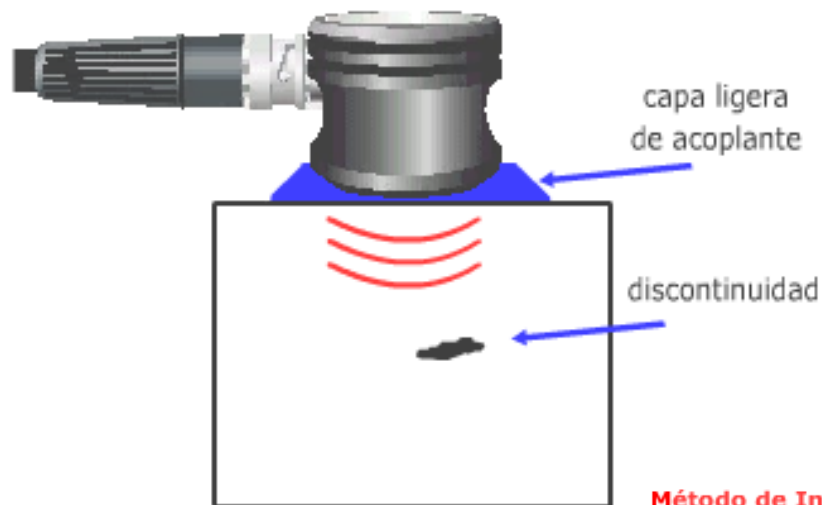
**métodos y técnicas
de inspección**

**detección de
discontinuidades**

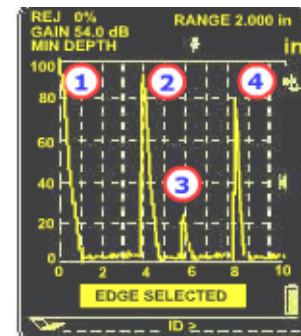
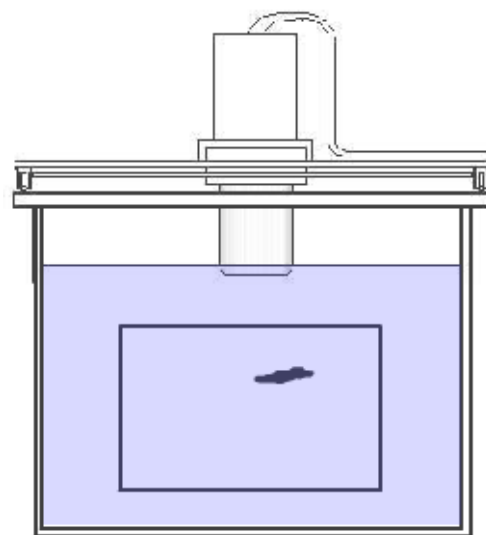


ultrasonido industrial

Método de Contacto



Método de Inmersión



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

métodos y técnicas

acoplantes

métodos y técnicas de inspección

detección de discontinuidades



Técnicas de Inspección

Las inspecciones por ultrasonido se realizan, en general, con la **Técnica Pulso-Eco**.

La técnica consiste en enviar un "Pulso" que viaja a través del medio hasta que un cambio en la impedancia acústica (por ejemplo la presencia de una discontinuidad, o cualquier interfase acústica) provoca que sea "Reflejado" para que posteriormente sea recibido. (animación 3)

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:

- **Pulso-Eco**: Se utiliza un solo transductor que envía y recibe el pulso (transmisor-receptor), por lo que requiere acceso a una sola superficie. (animación 3.a)
- **Picha y Cacha (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. (animación 3.b)
- **Transmisión a través (Through Transmission)**. También se utiliza un transmisor y un receptor, solo que en este caso se encuentran localizados en superficies opuestas. (animación 3.c)

métodos y técnicas

transductor
transmisor-receptor



(a)

transductor
transmisor

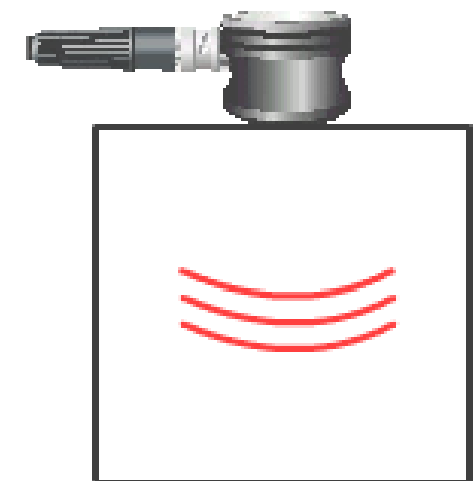


transductor
receptor



(b)

transductor transmisor



(c)



transductor receptor

métodos y técnicas

Métodos de presentación de información

Barrido Tipo "A" (A-SCAN)

Este barrido está basado en una relación: tiempo-amplitud, esto significa que la condición de los materiales (la presencia de discontinuidades) es representada por medio de "ecos, picos o reflexiones".

Con esta presentación o barrido se puede determinar:

- La profundidad o posición en la que se encuentra una discontinuidad, o el espesor de un material
- La magnitud de una discontinuidad.

La presentación tipo "A" está compuesta por dos escalas:

Escala Horizontal de la Pantalla (EHP) En la E.H.P. 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 emplea como escala de distancia por lo que se usa para:

- Determinar la profundidad a la cual se encuentra localizada una discontinuidad.
- Determinar la distancia recorrida por el sonido.
- Medir espesores de pared.

acoplantes

métodos y técnicas
de inspección

detección de
discontinuidades



ultrasonido industrial

métodos y técnicas

acoplantes

métodos y técnicas
de inspección

detección de
discontinuidades

Escala Vertical de la Pantalla (EVP) Para situaciones prácticas de inspección se utiliza para estimar y evaluar la magnitud de las discontinuidades. Se utiliza para determinar la amplitud o altura de las indicaciones (ecos) de:

- Reflectores de referencia
- Discontinuidades
- Reflexiones de pared posterior

Barrido Tipo "B" (B-SCAN)

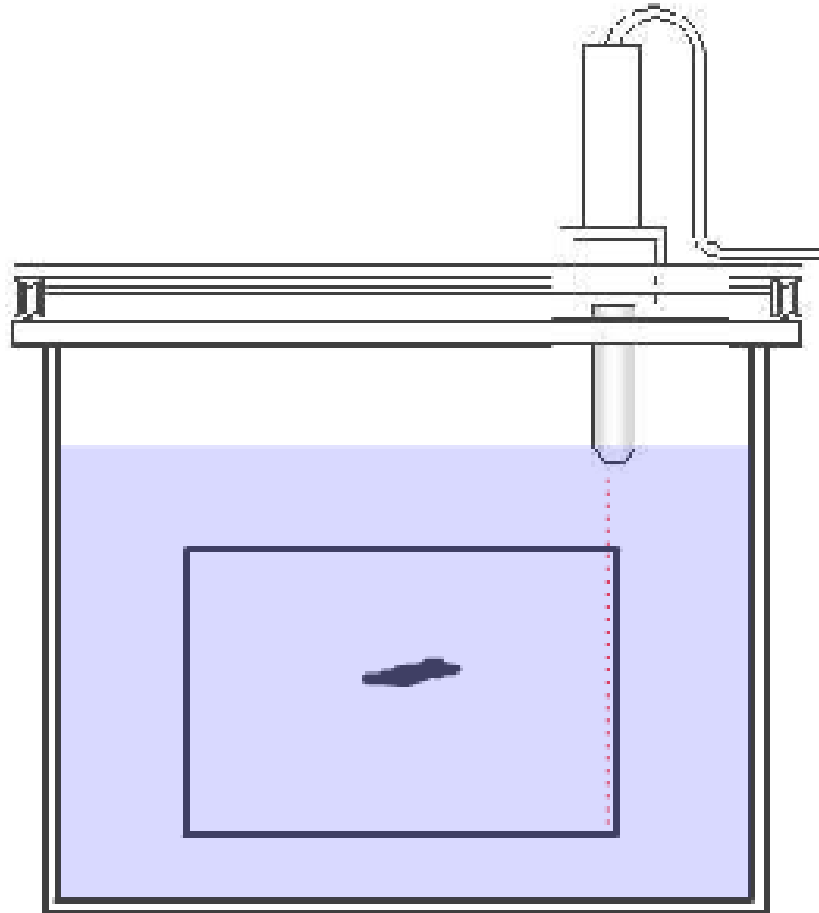
Este barrido muestra una sección transversal del material inspeccionado. En la pantalla se tiene como referencia la superficie frontal y posterior del material así como la longitud y profundidad de las discontinuidades. (animación 4)

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

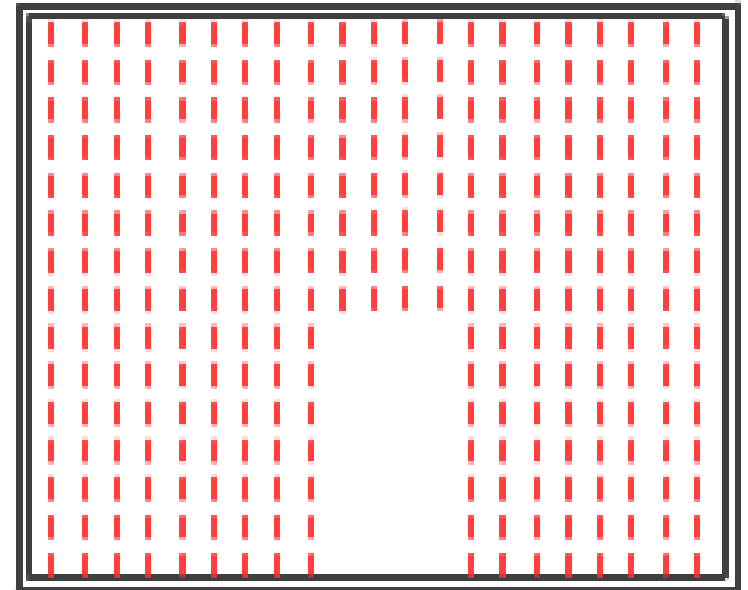
Generalmente la inspección se realiza por inmersión y el movimiento del transductor es automático.



Barrido Tipo "B" (B-Scan)



superficie frontal



superficie posterior

ultrasonido industrial

métodos y técnicas

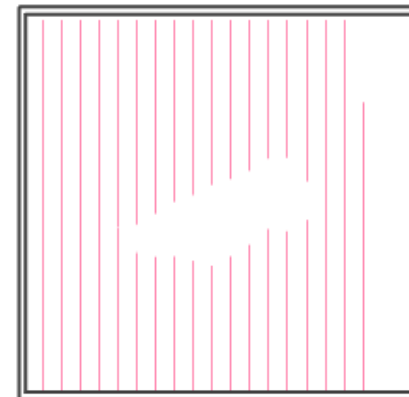
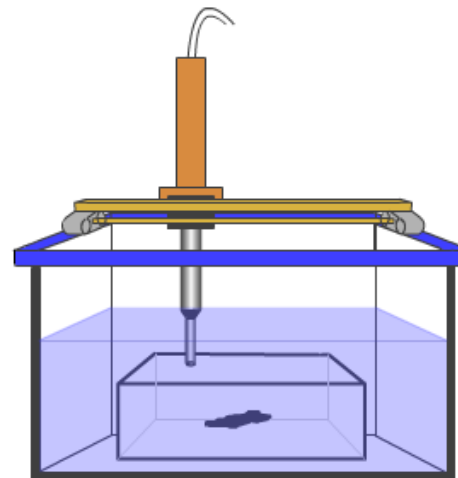
Barrido Tipo "C" (C-SCAN)

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. (animación 5)

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

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

Barrido Tipo "C" (C-Scan)



acoplantes

métodos y técnicas
de inspección

detección de
discontinuidades



detección de discontinuidades

Detectabilidad

Habilidad de un sistema de prueba para detectar la presencia de una discontinuidad

La detectabilidad esta determinada por una serie de variables tanto de la pieza que está siendo inspeccionada como de la propia discontinuidad

Variables de la pieza inspeccionada:

- **Condición superficial:** Dispersión del haz o mal acoplamiento
- **Geometría de la pieza:** Superficies no paralelas, dispersión y conversión de modo
- **Superficies de acoplamiento curvas:** Focalización o dispersión del haz
- **Estructura interna de la pieza:** Relación señal-ruido

Variables de la discontinuidad:

- **Tamaño de la Discontinuidad:** Debe ser igual o mayor a media longitud de onda. (animación 1)
- **Impedancia acústica de la Discontinuidad:** El aire es el mejor
- **Dispersión del haz:** Frecuencia de uso y rugosidad
- **Orientación de la Discontinuidad:** Perpendicular al haz ultrasónico,

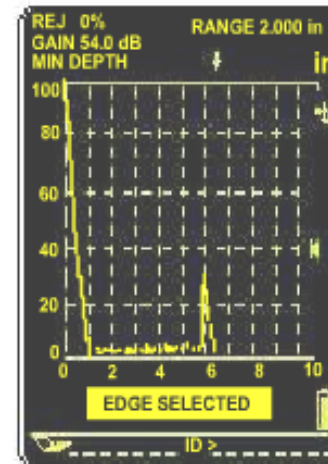
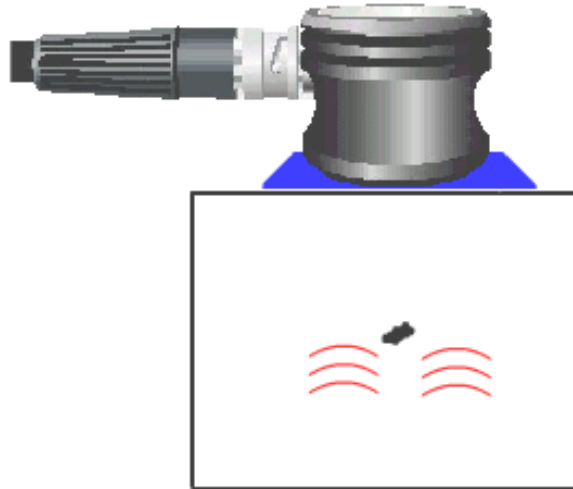
acoplantes

métodos y técnicas
de inspección

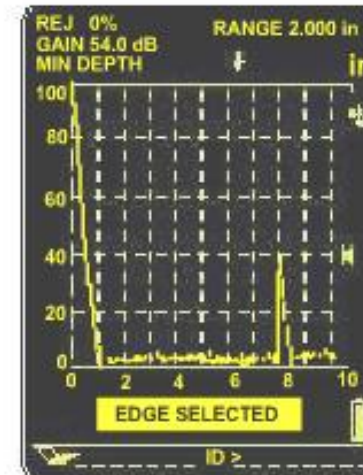
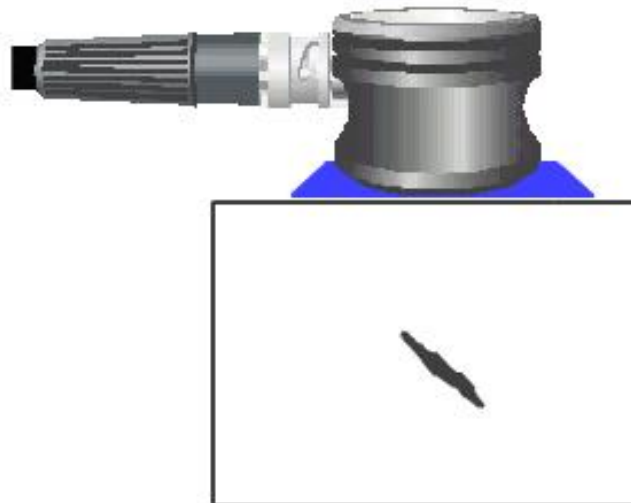
detección de
discontinuidades



Tamaño de la Discontinuidad



Orientación de la Discontinuidad



Cuestionario UT Cuarta Lección

1. ¿Qué son los Acoplantes?
2. ¿Cuáles son las características de un buen acoplante?
3. ¿Cuáles son las consideraciones para la selección de un acoplante?
4. ¿Cuáles son las técnicas del ensayo por ultrasonido?
5. ¿Qué es Barrido tipo A-Scan?
6. ¿Qué es Barrido tipo B-Scan?
7. ¿Qué es Barrido tipo C-Scan?
8. ¿Qué es detectibilidad?
9. ¿Cuáles son las variables de la pieza inspeccionada?
10. ¿Cuáles son las variables de la discontinuidad?

ultrasonido industrial



Discontinuidades en los materiales

Capitulo V

ultrasonido industrial



clasificación

Algunos productos o materiales podemos decir que su uso es simplemente decorativo y por lo tanto su resistencia a los esfuerzos es, simplemente, inexistente aunque necesiten inspección, la cual puede concretarse a determinar las características de por ejemplo: color, pulido, estabilidad, etc.

Existe otro tipo de productos y materiales que si requieren pruebas y evaluación, son aquellos que estarán sujetos a esfuerzos donde una falla o discontinuidad puede ser la causa de una costosa reparación, peligro para otros productos, estructuras e inclusive vidas humanas.

Si la discontinuidad presente tratara de ser detectada por métodos No Destructivos, estos deben ser seleccionados, aplicados e interpretados con cuidado y sobre la base de un conocimiento válido de los mecanismos de falla y sus causas.

Es mas que evidente que el conocimiento de los materiales, propiedades y sus discontinuidades típicas, de acuerdo a su proceso de fabricación o condiciones de operación, ayudará notablemente a los técnicos en ultrasonido al realizar una prueba y tomando en cuenta que la mayoría de las técnicas de inspección son recomendadas cada una de ellas para un tipo de discontinuidad específica, el conocimiento de estas discontinuidades típicas nos ayudará a seleccionar el método mas adecuado.

clasificación

inherentes

de proceso

en soldaduras

de servicio

ultrasonido industrial

clasificación



Las discontinuidades pueden ser divididas, de acuerdo a su origen y se clasifican como sigue:

1. DISCONTINUIDADES INHERENTES:

Son formadas normalmente cuando el metal es fundido y vaciado, a su vez se pueden subdividir en:

- De Fundición Primaria: Son relacionadas con el fundido y solidificación del lingote original de que será transformado en placas, billets, etc.
- De Fundición Secundaria: Son relacionadas con el fundido, vaciado y solidificación de una pieza, normalmente son causadas por variables propias del proceso, por ejemplo: alimentación impropia, vaciado excesivo, temperatura inadecuada, gases atrapados, humedad, etc.

2. DISCONTINUIDADES DE PROCESO:

Las discontinuidades de este tipo son las originadas en los diferentes procesos de manufactura por ejemplo: Forjado, fundido, maquinado, rolado, soldado, tratamiento térmico, etc.

3. DISCONTINUIDADES DE SERVICIO:

Algunas veces estas discontinuidades son producidas por otro tipo de discontinuidades presentes en el material, las cuales provocan una concentración de esfuerzos. También pueden ser originadas debido a un mal diseño de la parte donde los esfuerzos a los que el material es sometido son mayores a los esfuerzos que puede resistir.

clasificación

inherentes

de proceso

en soldaduras

de servicio

ultrasonido industrial



clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

discontinuidades inherentes

Inherentes de fundición primaria:

Discontinuidades encontradas en lingotes. Las discontinuidades más comúnmente encontradas en lingotes son:

- **Inclusiones:**
Partículas de material como escoria, óxido y sulfuros, de forma irregular.
- **Porosidad:**
Causada por gas insoluble atrapado en la solidificación.
- **Contracciones:**
Causada por contracción durante la solidificación.
- **Segregaciones.**
Distribución no uniforme de los elementos

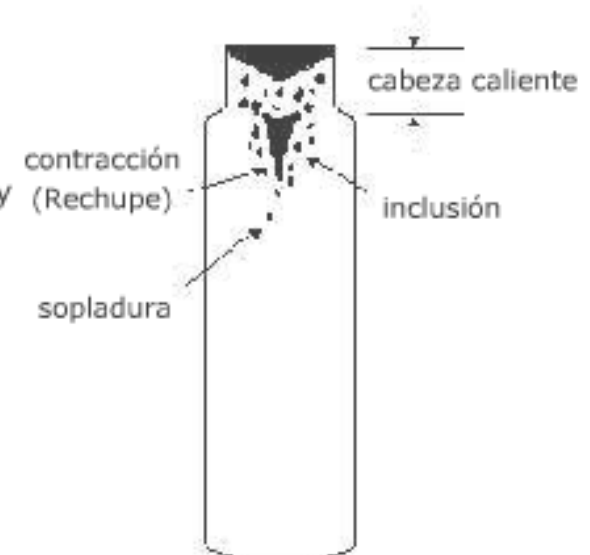


fig. 1 Lingote

ultrasonido industrial



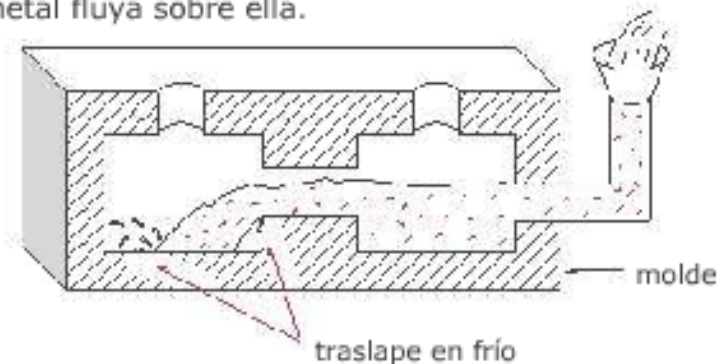
discontinuidades inherentes

Inherentes de fundición secundaria:

Discontinuidades típicas en piezas fundidas:

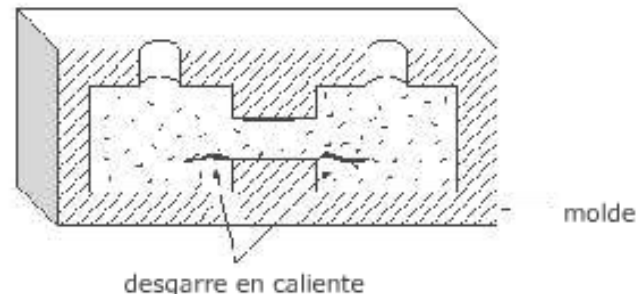
- Traslape en frío:

Producido por cualquier causa que origine la solidificación de una superficie antes que otro metal fluya sobre ella.



- Desgarre en Caliente (Grietas por Contracción):

Se produce por la diferencia en velocidades de solidificación y enfriamiento, que ocasiona diferentes contracciones en secciones delgadas y gruesas en piezas de geometría complicada.



clasificación

inherentes

de proceso

en soldaduras

de servicio



discontinuidades inherentes

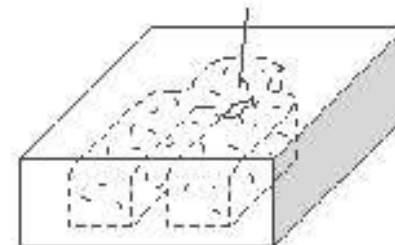
- Cavitades por Contracción:

Huecos causados por la falta de metal, el suficiente para compensar la contracción volumétrica que ocurre durante la solidificación.

el metal fundido llena el molde



cavidad por contracción



- Microcontracción:

Grupo de huecos superficiales y pequeños que aparecen en la entrada del metal líquido (boca de alimentación). También ocurren cuando el metal fluye de una sección delgada a una sección gruesa de la pieza.

- Sopladuras:

Huecos en la superficie de la pieza, causados por gas atrapado (que proviene del molde). El agua en la arena del molde escapa como vapor cuando existe contacto entre el metal líquido y el molde.

- Porosidad:

Huecos causados por gas atrapado que proviene del metal líquido durante la solidificación.

clasificación

inherentes

de proceso

en soldaduras

de servicio

ultrasonido industrial

discontinuidades de proceso



Las discontinuidades originadas o producidas en procesos de fabricación son:

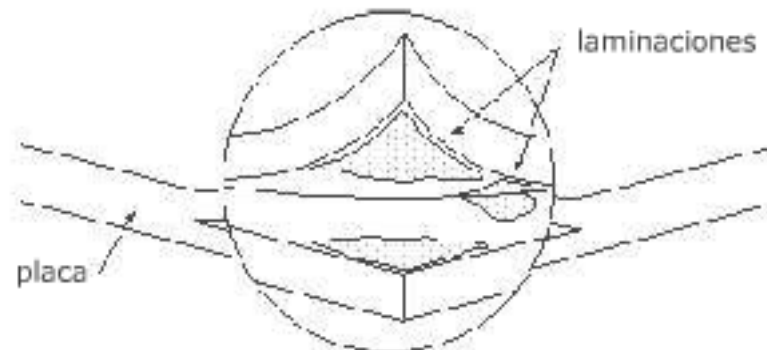
Conformado

Son aquellas originadas o producidas en procesos tales como rolado y forjado. Las discontinuidades más comunes e importantes son:

1. Rolado:

- Laminaciones:

Producidas en los procesos de laminación, rolado, etc. durante la fabricación de placas o laminas; producto de discontinuidades inherentes en el lingote. Son delgadas, aplanadas, se localizan al centro de la placa y se orientan en la dirección del conformado y paralelas a la superficie del material.



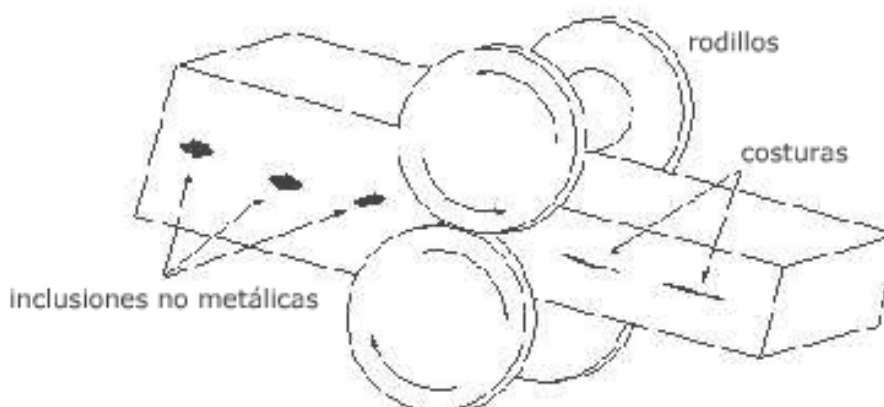
clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio



discontinuidades de proceso

- Costuras:

Discontinuidades superficiales alargadas, en forma de líneas continuas o intermitentes, poco profundas y muy cerradas. Se originan de discontinuidades presentes en el billete o lingote.

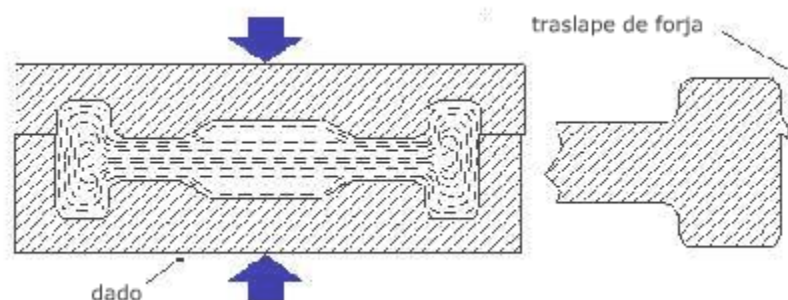


clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

1. Forjado:

- Traslape:

Es causado por que parte del metal se desliza o dobla sobre la misma superficie de la pieza. Son discontinuidades no muy apretadas o adheridas a la superficie y generalmente penetran con un ángulo pequeño.



ultrasonido industrial

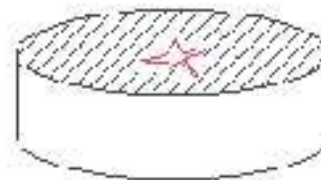
discontinuidades de proceso



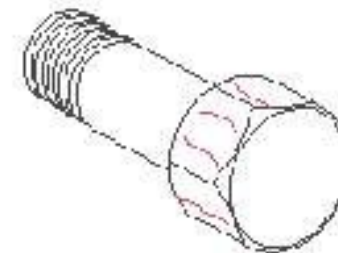
clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

- Reventada:

Es una ruptura causada por temperaturas de forja inapropiadas, trabajo excesivo o movimiento del metal durante el forjado. Pueden ser internas o abiertas a la superficie.



reventada interna



reventadas externas

- Copos:

Fisuras internas extremadamente delgadas y alineadas con el grano. Las causas que originan estas discontinuidades son: tensiones localizadas, producidas por la transformación; Disminución de la solubilidad del hidrógeno durante el enfriamiento.



ultrasonido industrial

discontinuidades de proceso

Tratamiento Térmico:

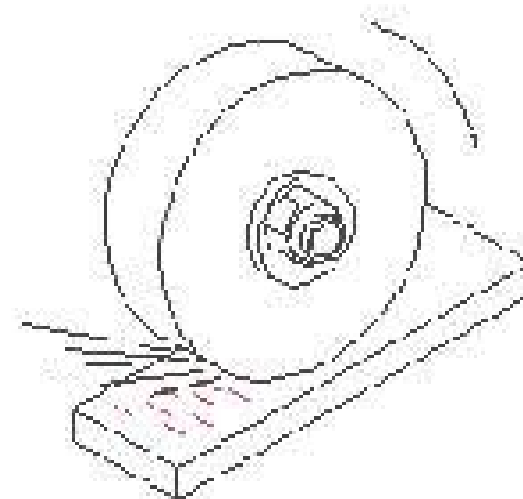
Grietas:

Son causadas por la concentración de esfuerzos durante el calentamiento y enfriamiento desigual entre secciones delgadas y gruesas. No tienen dirección específica y empiezan normalmente en esquinas agudas las cuales actúan como puntos de concentración de esfuerzos.

Maquinado o Esmerilado:

Grietas:

Causadas por esfuerzos producidos por calentamiento excesivo local entre la herramienta y la superficie del metal. Son superficiales, poco profundas, ocurren en grupos y generalmente en superficies endurecidas, con recubrimiento, etc.



ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras



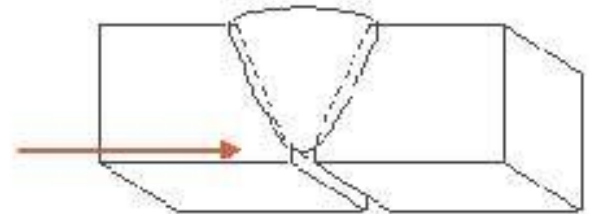
clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

Las discontinuidades en soldadura pueden agruparse como sigue:

1. En el Paso de Raíz:

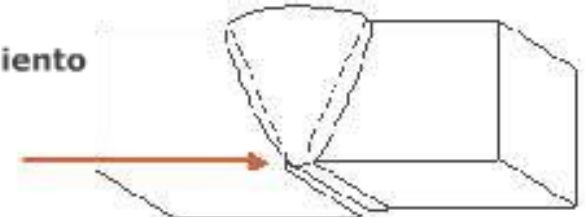
- Penetración Inadecuada

Ocurre cuando no se alcanza la temperatura de fusión del metal base, debido a diferentes razones. Están presentes las aristas de la cara de raíz.



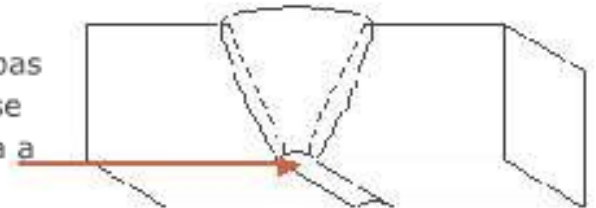
- Falta de Penetración con Desalineamiento

Ocurre cuando no se funde una de las caras de raíz, debido a que las caras de raíz no se encuentran alineadas.



- Concavidad en la Raíz

Ocurre cuando el paso de raíz funde ambas caras, pero al centro del cordón de raíz se presenta una depresión o cavidad debida a la contracción del metal.



ultrasonido industrial

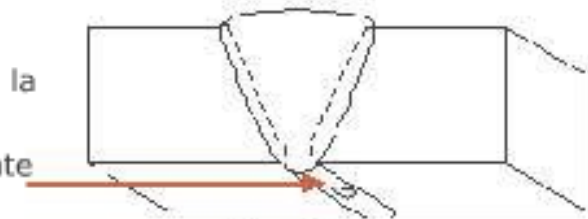


clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

discontinuidades en soldaduras

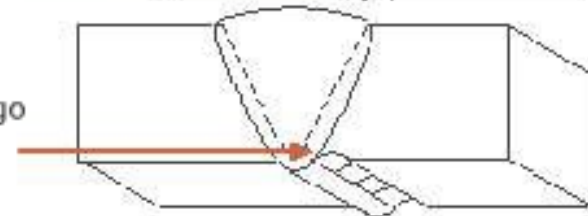
- Quemada

Ocurre cuando por penetración excesiva la raíz ha perdido parte del metal. Es una depresión severa en la raíz. Generalmente no es alargada



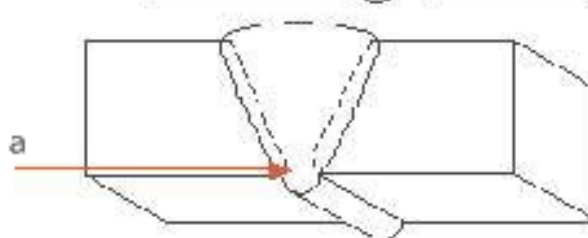
- Socavado

Es una ranura en el metal base a lo largo del borde del cordón de raíz.



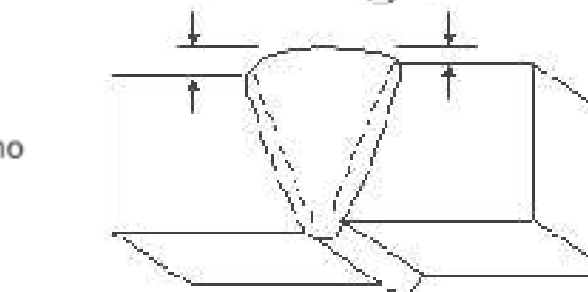
- Penetración Excesiva

Exceso de metal de soldadura de aporte en el cordón de raíz. Se puede extender a lo largo del cordón de raíz o en zonas aisladas.



- Desalineamiento

Ocurre cuando los elementos soldados no se encuentran alineados.



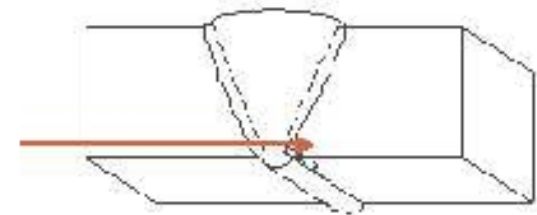
ultrasonido industrial



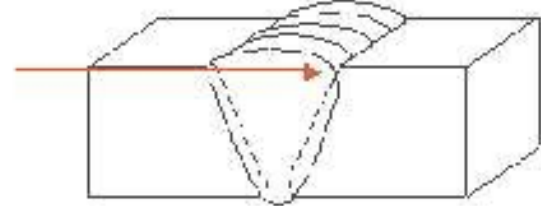
clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

discontinuidades en soldaduras

- **Fusión Incompleta en el Paso de Raíz**
Es la falta de fusión entre una de las caras de raíz y el material de aporte en el paso de raíz.

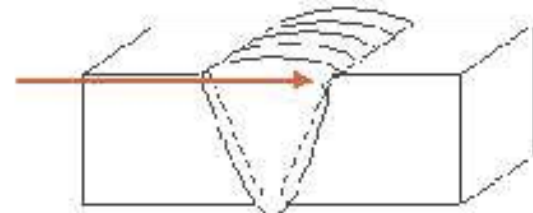


- **Llenado Incompleto**
Falta de metal de soldadura en el paso final.

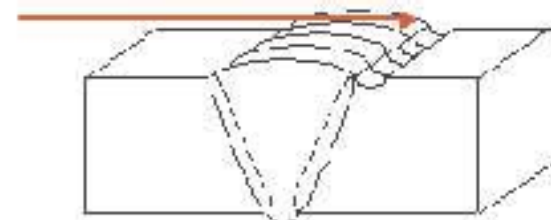


2. En el Paso Final

- **Falta de Fusión en el Paso Final**
Es la falta de fusión entre una de las caras de ranura y el material de soldadura, en el paso final.



- **Socavado Externo**
Una ranura en el metal base a lo largo del borde del paso final.



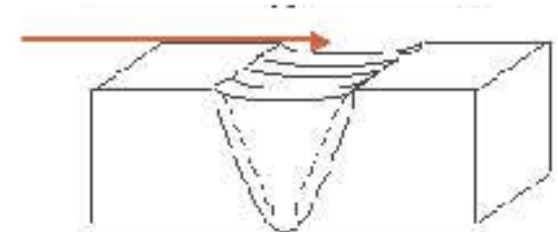
ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras

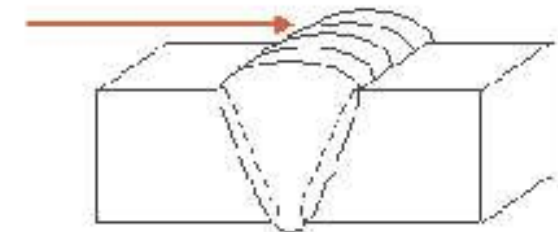


**clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio**

- **Refuerzo Inadecuado**
Una depresión en el paso final o corona de la soldadura, dando como resultado un espesor en la soldadura menor que en el metal base.

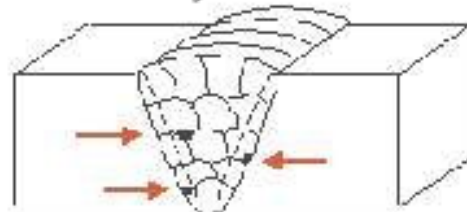


- **Refuerzo Excesivo**
Exceso de metal de soldadura en el paso final.



3. Internas:

- **Inclusiones Alargadas (Líneas):**
Material no metálico atrapado entre los cordones de la soldadura. Se presentan en líneas continuas o intermitentes, sencillas o paralelas. Orientadas en dirección del eje de la soldadura.

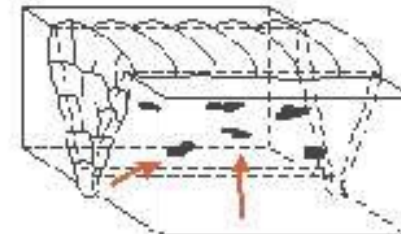
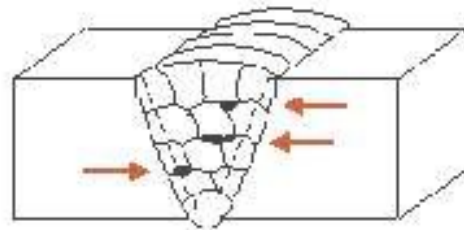


ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras

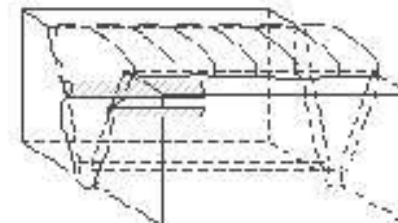
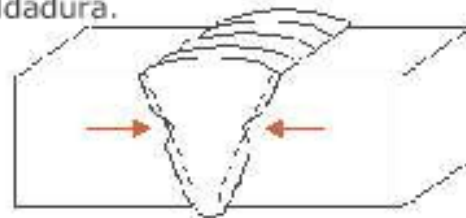
- Inclusiones Aisladas (Inclusiones):

Material no metálico atrapado entre los cordones de la soldadura. Son de forma irregular ligeramente alargadas, agrupadas o aisladas, y distribuidas al azar.



- Falta de Fusión (Entre metal de Base y Soldadura):

Cuando no existe fusión entre el metal de base (por ejemplo la cara de la ranura) y el metal de soldadura. Pueden presentarse en líneas continuas o intermitentes, sencillas o paralelas. Orientadas en dirección del eje de la soldadura.



clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio



ultrasonido industrial

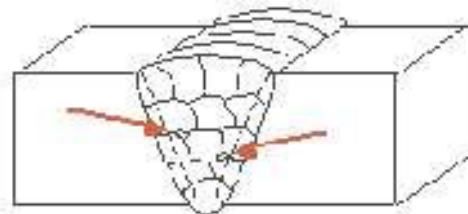


clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

discontinuidades en soldaduras

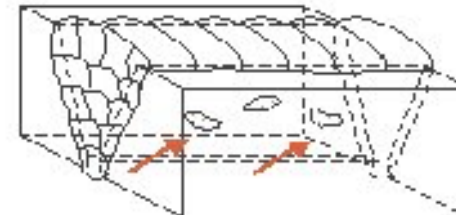
- Falta de Fusión (Entre cordones de la Soldadura de aporte):

Cuando no existe fusión entre los cordones de la soldadura de aporte en los pasos de relleno. Pueden presentarse en líneas continuas o intermitentes, sencillas o paralelas. Orientadas en dirección del eje de la soldadura.



- Inclusiones de Tungsteno:

Pedazos de tungsteno atrapados entre los cordones de la soldadura. Producidas cuando el electrodo de tungsteno se funde y deposita entre la soldadura. Son de forma irregular, agrupadas o aisladas, y distribuidas al azar.



ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras

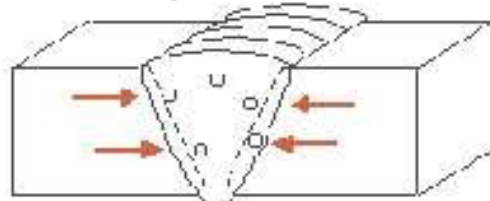


clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

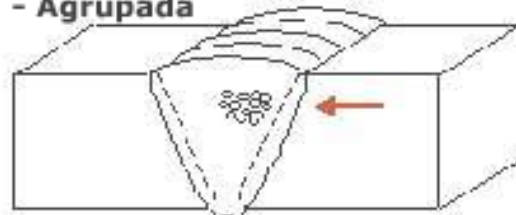
4. Porosidad:

Huecos redondeados o ligeramente alargados producidos por gas atrapado durante la solidificación del metal de aporte. Se clasifican en:

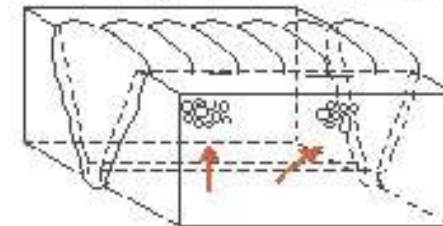
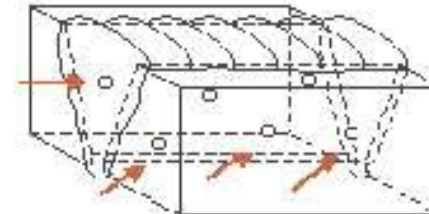
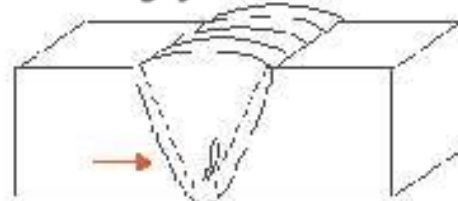
- Individual, aislada o al azar



- Agrupada



- Túnel o Agujeros de Gusano



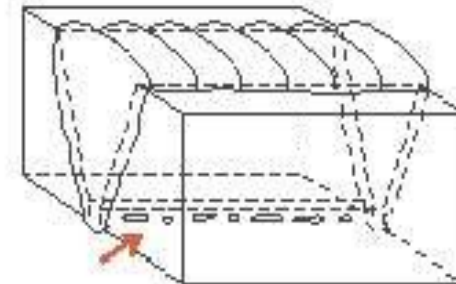
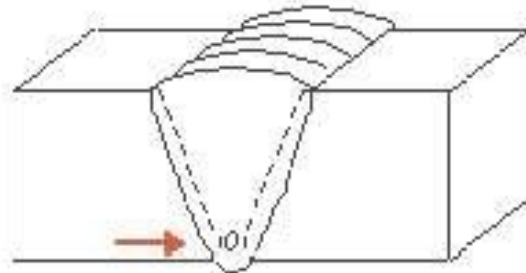
ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras



clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

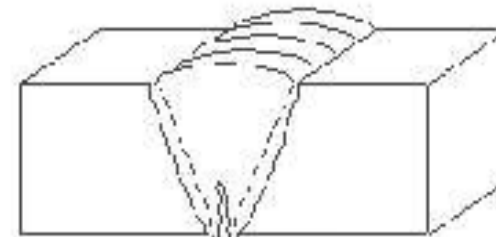
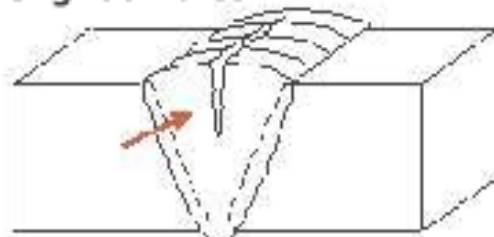
- En el Cordón de Raíz



5. Grietas:

Fracturas o roturas del metal, puede ser del metal de base o del metal de aporte. Se producen cuando se ha excedido la resistencia del metal. Pueden ocurrir durante la aplicación del metal de aporte, el enfriamiento o en materiales duros o frágiles. Se clasifican en:

- Longitudinales



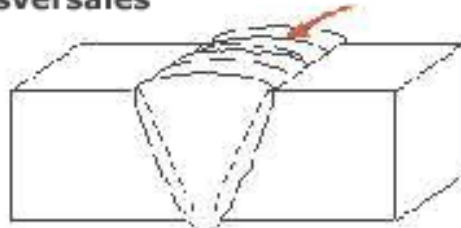
ultrasonido industrial

discontinuidades en soldaduras

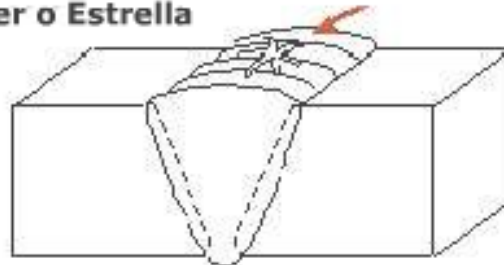


clasificación
inherentes
de proceso
en soldaduras
de servicio

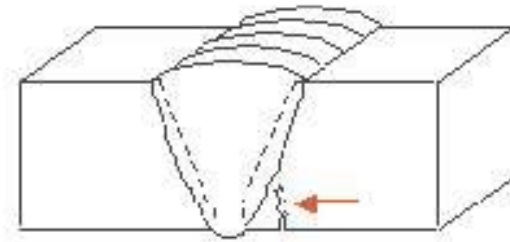
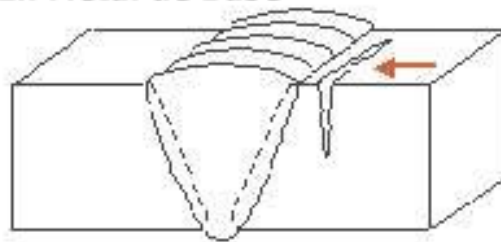
- Transversales



- Cráter o Estrella



- En Metal de Base





discontinuidades de servicio

Las discontinuidades de servicio son consideradas como las más importantes y críticas. Los materiales que pueden presentar defectos debido a las condiciones de operación son extremadamente críticos y demandan atención estrecha. Se clasifican en:

- Grietas por fatiga.
- Corrosión.
- Grietas por corrosión.
- Erosión.

clasificación

inherentes

de proceso

en soldaduras

de servicio

Grietas por Fatiga:

Inician en puntos de alta concentración de esfuerzos, que pueden ser discontinuidades existentes en la pieza o la propia forma del material. Normalmente son abiertas a la superficie. Se estima que un equipo que tiene partes en movimiento o que se encuentra sujeto a vibración, aproximadamente el 90% de las fallas presentes incluye a la fatiga de alguna forma.

Corrosión:

Es el deterioro de metales debido a la acción química del medio circundante o contrayente. En algún grado la corrosión puede producirse en todos los metales, pero su efecto varía dependiendo de la combinación del metal y el agente corrosivo. La corrosión ataca metales por acción química directa, por electrólisis (acción electroquímica) o por la combinación de ambas. Existen tres tipos de corrosión:

- Corrosión General.
- Picaduras.
- Grietas por Corrosión.

Grietas por Corrosión:

Se presentan cuando el ataque de la corrosión es contra los bordes de grano. Siguen los bordes de grano desde la superficie del material. Pueden causar la falla de materiales sometidos a cargas estáticas debido a la reducción de la resistencia a la carga de la sección transversal. En el caso de cargas dinámicas, son fuentes de inicio de grietas y de falla por fatiga.

Cuestionario UT Quinta Lección

- ¿Qué es discontinuidad?
- ¿Cómo se clasifican las discontinuidades?
- ¿Qué es discontinuidad Inherente?
- ¿Cuáles son las discontinuidades inherentes?
- ¿Qué es discontinuidad de Proceso?
- ¿Cuales son las discontinuidades de proceso?
- ¿Qué es discontinuidad de Servicio?
- ¿Cuáles son las discontinuidades de Servicio?
- ¿Cuáles son las discontinuidades de proceso de soldadura?
- ¿Cuales son los indicaciones falsas?

ultrasonido industrial

Inspección de Soldaduras

Capitulo VI



ultrasonido industrial

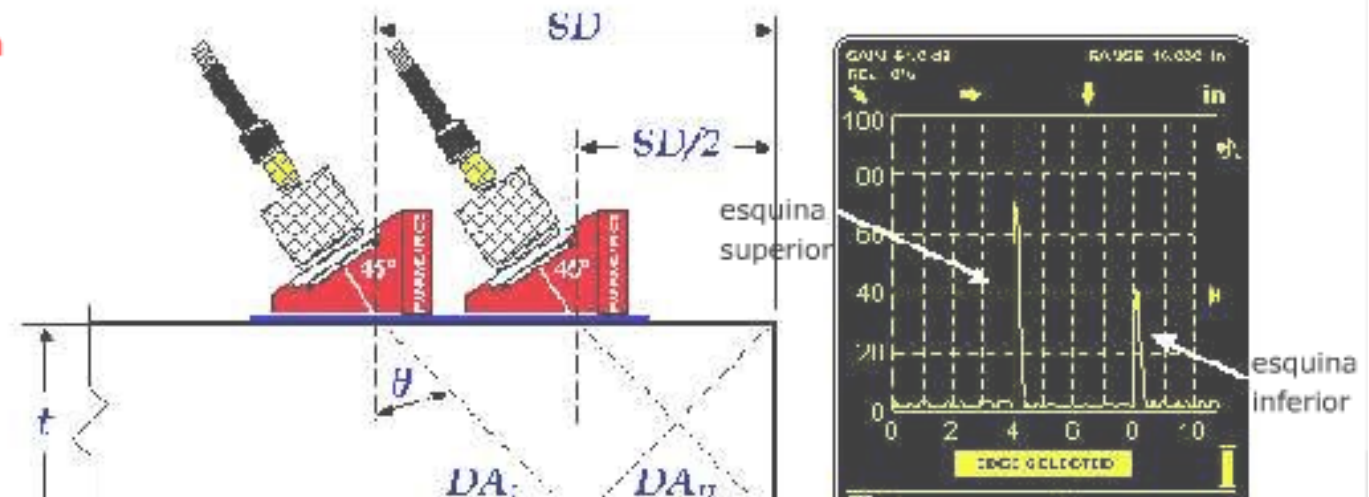
inspección de soldaduras

Cuando se utiliza un transductor angular, el haz se propaga en "zigzag" a través del material, como se aprecia en la animación 1, si en su camino no encuentra algún reflector de orientación favorable continuará su propagación a través del material y en la pantalla no habrá alguna indicación.

Si movemos el transductor para que el haz incida en la esquina inferior o en la superior del borde, y si el rango de pantalla es adecuado, aparecerá un eco en pantalla producido por la esquina inferior o superior según sea el caso.

inspección de un cordón de soldaduras

- detección de discontinuidades
- estimación de dimensiones



ultrasonido industrial

inspección de soldaduras

La reflexión de la esquina superior se produce a una distancia "SD" (Skip Distance: Distancia de Salto) desde el punto de salida del haz del transductor hasta el borde del material, y la reflexión de la esquina inferior se produce a una distancia "SD/2".

Conclusión: Si el transductor se desplaza entre las posiciones "SD" y "SD/2" el haz ultrasónico barre toda la sección transversal de la placa.

Conociendo el ángulo de refracción y el espesor del material se puede determinar el valor de "SD", utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Tg } \theta = \text{SD} / 2t, \text{ por lo tanto: } \text{SD} = 2t \text{ Tg } \theta$$

Como el haz ultrasónico realiza un doble recorrido dentro del material a la distancia "SD", se considera el doble del espesor "2t", por lo que:

$$\text{SD} = 2t \text{ Tg } \theta$$

Para la distancia "SD/2", se considera solamente el espesor "t", por lo que:

$$\text{SD} = t \text{ Tg } \theta$$

Cuando se inspecciona con transductor de haz angular, al detectar una discontinuidad se produce una indicación en la pantalla del equipo. Se puede conocer la distancia

**inspección de un cordón
de soldaduras**

**detección de
discontinuidades**

**estimación de
dimensiones**



ultrasonido industrial

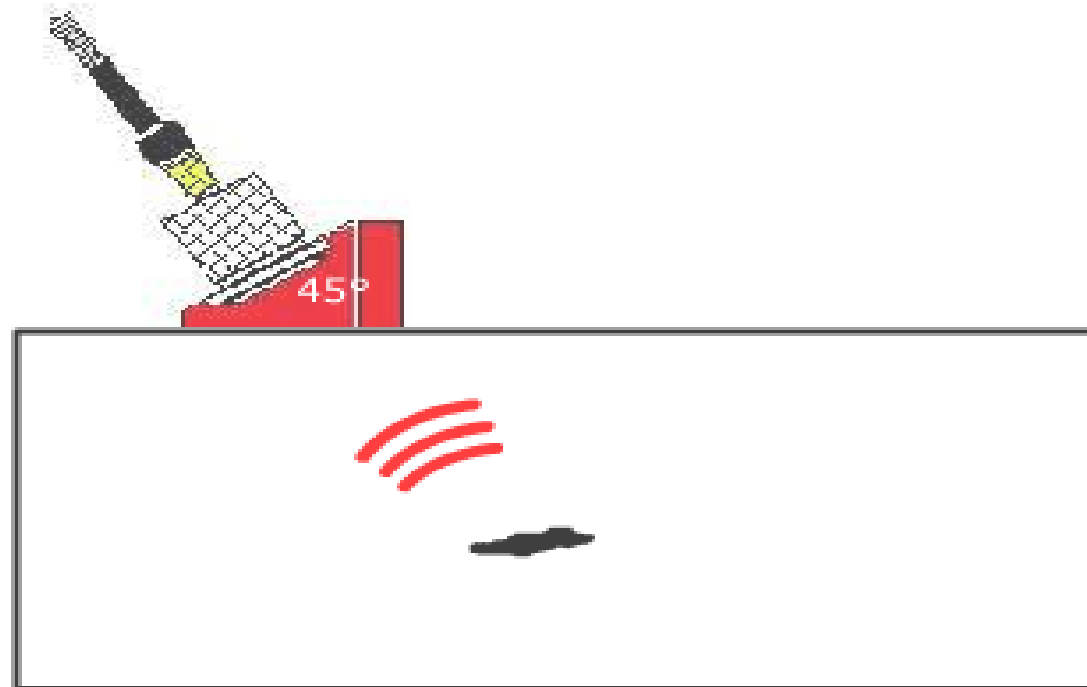
inspección de soldaduras

recorrida por el haz ultrasónico (Distancia Angular) a la que se encuentra la discontinuidad con los datos obtenidos de la pantalla. (animación 2)



inspección de un cordón de soldaduras

detección de discontinuidades
estimación de dimensiones



ultrasonido industrial

inspección de soldaduras

Posición de una discontinuidad

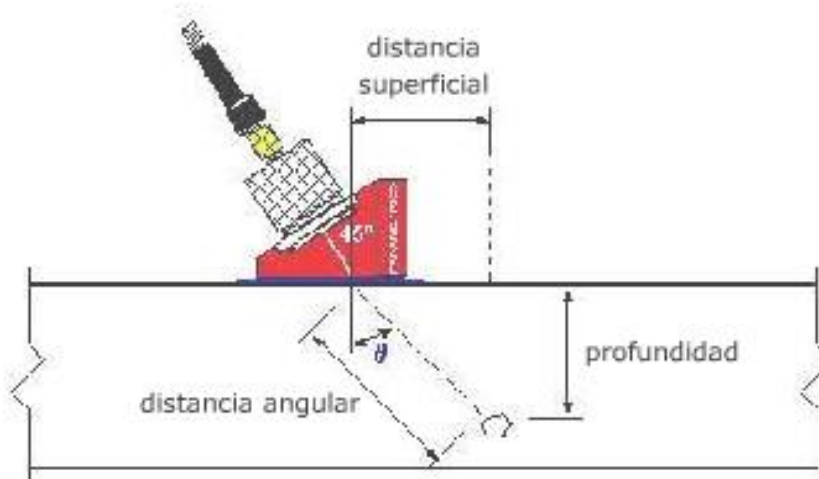
Es necesario analizar las señales que se observan en la pantalla con Barrido "A", y convertir la información del recorrido de la onda ultrasónica para determinar la posición en la que se encuentra ubicada una discontinuidad.

inspección de un cordón de soldaduras

detección de discontinuidades
estimación de dimensiones

Para realizar lo anterior se utilizan funciones trigonométricas, para calcular:

- La "**Distancia Superficial**" (La distancia angular proyectada en la superficie, entre el punto índice y el reflector)
- La "**Profundidad**" (Desde la superficie y hasta el reflector)



inspección de soldaduras

Antes de abordar la inspección de un cordón de soldadura el técnico debe conocer lo siguiente:

- Tipo de material a examinar.
- Espesor de la placa.
- Preparación de la unión.
- Procedimiento de soldadura utilizado.
- Si ha existido la aplicación de un tratamiento térmico.
- Existencia de respaldo de soporte en la raíz.

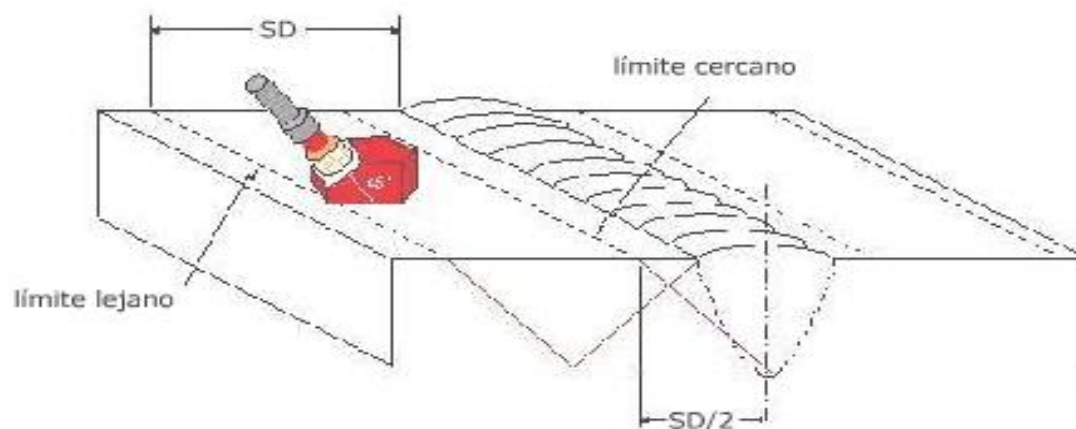
inspección de un cordón de soldaduras

detección de discontinuidades

estimación de dimensiones

Para detectar todos los posibles defectos es necesario establecer un espacio conocido como **"Zona de Barrido"** (animación 3), que es la zona dentro de la cual se debe realizar el movimiento del transductor (Barrido).

Esta zona cuenta con un Límite Lejano (Distancia $SD + 1$ pulgada) y un Límite Cercano (Distancia $SD/2$), como se muestra en la figura:

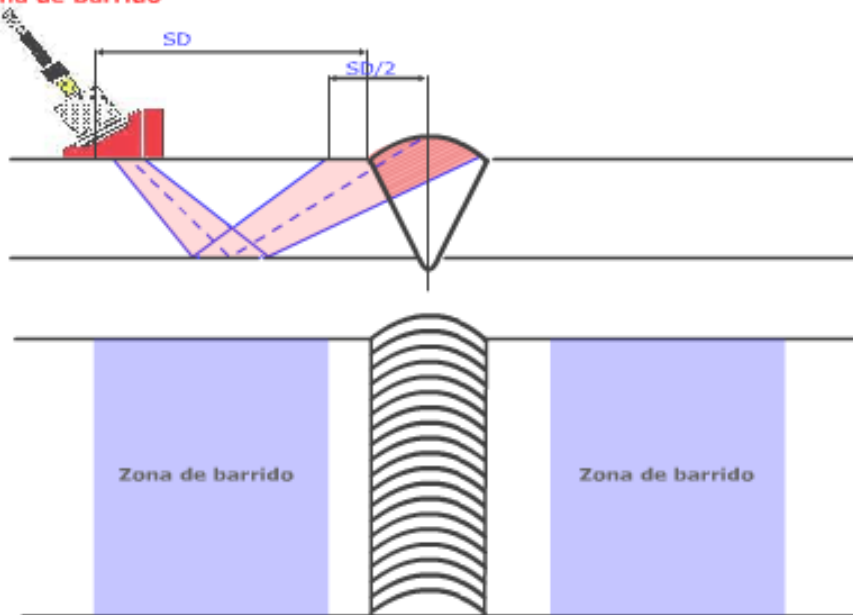


Como se observa en la figura anterior la forma en "V" del recorrido de la onda ultrasónica (Trayectoria en "V") permite realizar la inspección de soldaduras.

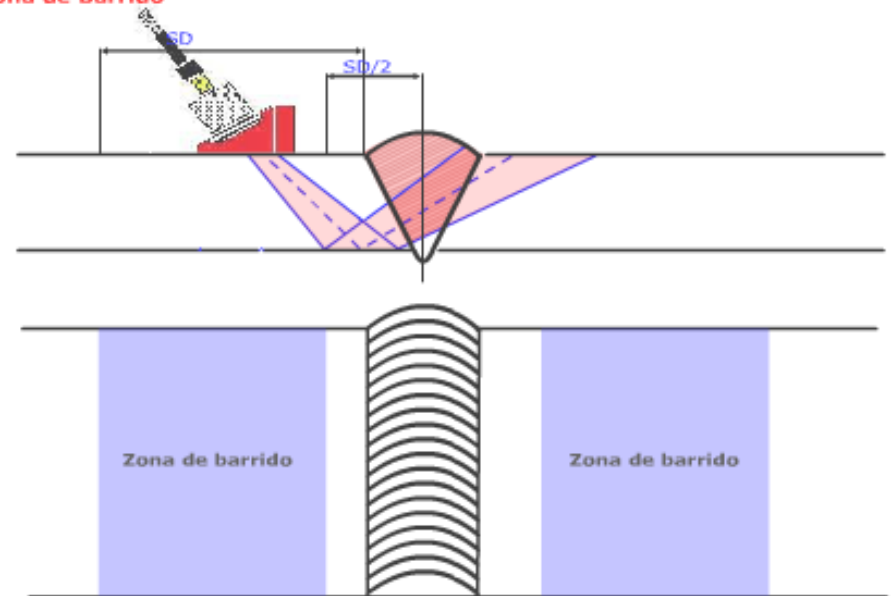
La parte inferior de la soldadura se observa utilizando la "Primera Pierna" de la "V", mientras la segunda pierna es utilizada para observar la parte superior de la soldadura.

El volumen total de la soldadura puede ser rastreado utilizando uno o más ángulos de refracción.

Zona de Barrido



Zona de Barrido



detección de discontinuidades



inspección de un cordón
de soldaduras

detección de
discontinuidades

estimación de
dimensiones

Discontinuidades longitudinales

El transductor debe mantenerse perpendicular con respecto al eje de la soldadura y movido sobre la zona de barrido como sigue:

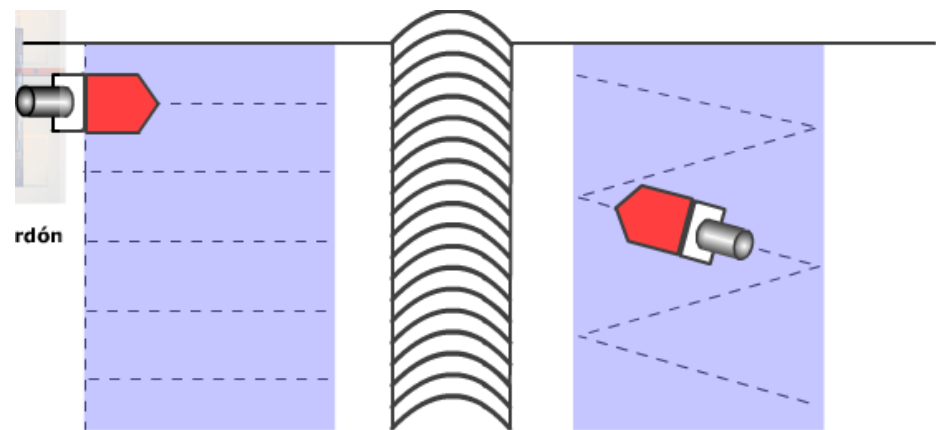
Movimiento transversal

Para inspeccionar totalmente la sección transversal de la soldadura y zona afectada por el calor se debe realizar el desplazamiento del transductor a largo de la zona de barrido. Cada desplazamiento debe llevarse a cabo con un movimiento giratorio de aproximadamente 10° a 15° a cada lado de la línea central del transductor.

Movimiento lateral

Este movimiento debe realizarse a todo lo largo de la junta soldada. Cada desplazamiento paralelo a la soldadura no debe ser mayor que el ancho del transductor.

Ambos movimientos deben ser adecuadamente combinados



movimiento lateral

movimiento combinado

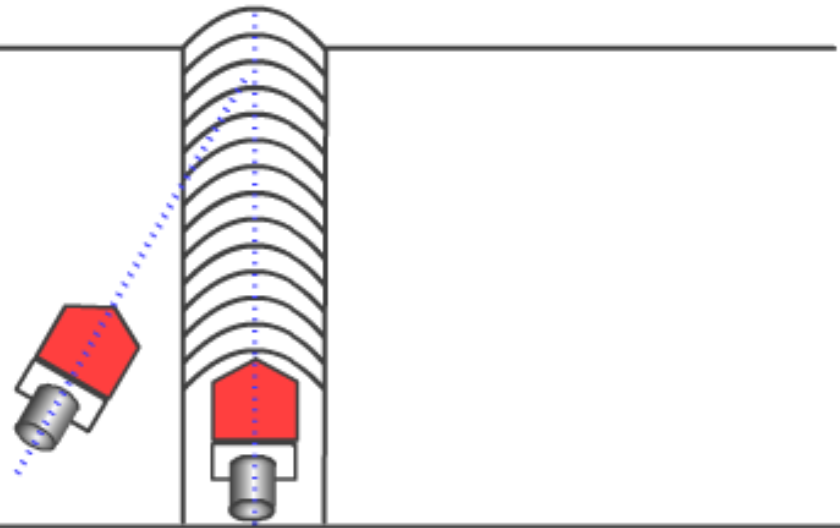
ultrasonido industrial

detección de discontinuidades

Ambos movimientos deben ser adecuadamente combinados

Movimiento complementario

Para la detección de discontinuidades transversales, el haz ultrasónico debe ser dirigido a lo largo de la longitud total de la soldadura, como se muestra.



**inspección de un cordón
de soldaduras**

**detección de
discontinuidades**

**estimación de
dimensiones**

estimación de dimensiones

Existe un gran número de factores que afectan la estimación del tamaño de una discontinuidad:

1. Exactitud de la calibración.
2. Poder de resolución.
3. Condición superficial.
4. Determinación del ángulo de refracción.
5. Pérdida de sensibilidad.
6. Divergencia del haz.
7. Forma de la discontinuidad.
8. Experiencia del personal.

Método por comparación con reflectores de referencia.

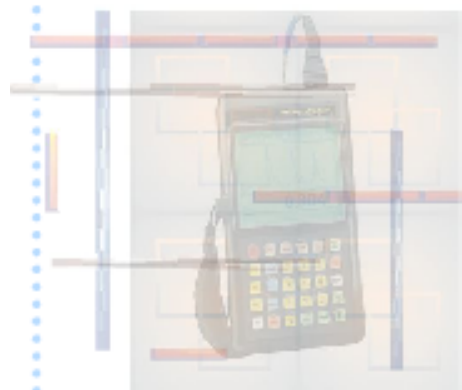
Consiste en el uso de muescas, ranuras, barrenos, etc. La amplitud del eco de una discontinuidad es comparada con la amplitud del eco del reflector de referencia. Tiene dificultades prácticas pero es muy aplicado y aceptado (animación 1). Las dificultades del método consisten en:

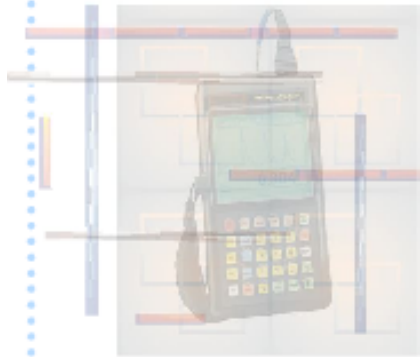
- La superficie de las discontinuidades difiere de los reflectores de referencia.
- La relación angular entre la discontinuidad y el eje del haz es rara vez igual a la de un reflector de referencia.
- La discontinuidad puede no tener superficie mayor o ser accesible al haz ultrasónico.
- La discontinuidad rara vez contiene aire y su superficie puede parecer un grupo de superficies orientadas al azar.
- Solo en casos especiales la amplitud de los ecos está relacionada con el tamaño de la discontinuidad.

inspección de un cordón
de soldaduras

detección de
discontinuidades

estimación de
dimensiones





**inspección de un cordón
de soldaduras**

**detección de
discontinuidades**

**estimación de
dimensiones**

estimación de dimensiones

Características:

- Aplicable en inspecciones con transductores de haz recto, haz angular y doble cristal.
- El ajuste de sensibilidad se efectúa contra reflectores de referencia.
- Se requiere maximización de la indicación.
- La evaluación se efectúa contra **Curvas DAC**.
- En ocasiones se emplea la técnica de caída de 6 dB (animación 1)
- En ocasiones se requiere la compensación por diferencia de atenuación entre la pieza a inspeccionar y los bloques de referencia.
- Aplicaciones: uniones soldadas, piezas fundidas, piezas forjadas, etc.

Curva "DAC"

Debido a que con el incremento de distancia entre el transductor y un reflector la amplitud de una indicación disminuye, y de acuerdo con algunos requisitos específicos, es necesario aplicar 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 distancias dado. La curva representa la pérdida de energía debido a la atenuación

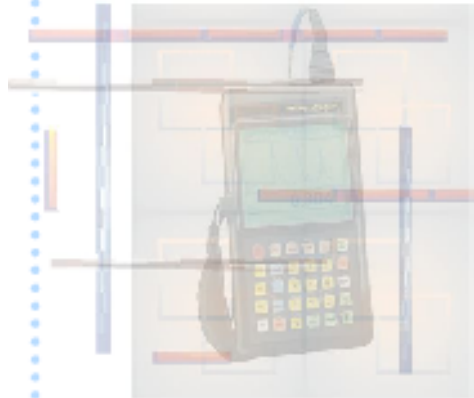
Construcción de la Curva "DAC" (animación 2):

- 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 restantes 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**.

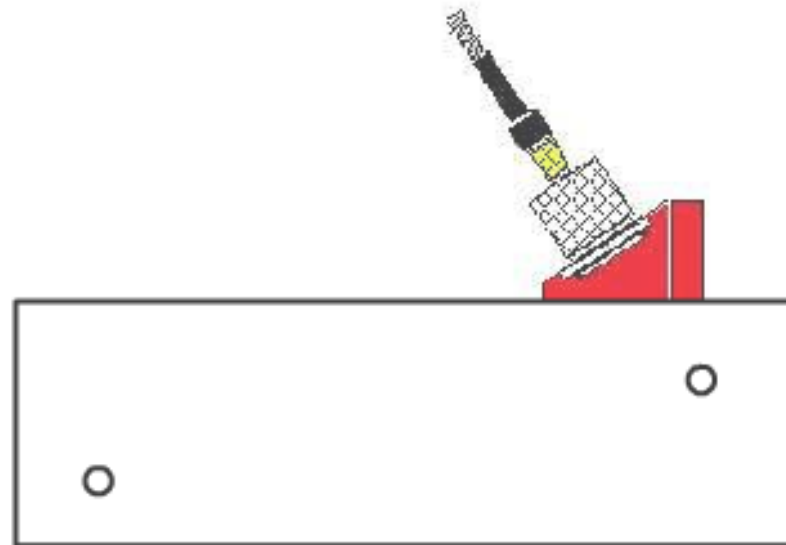
ultrasonido industrial

estimación de dimensiones

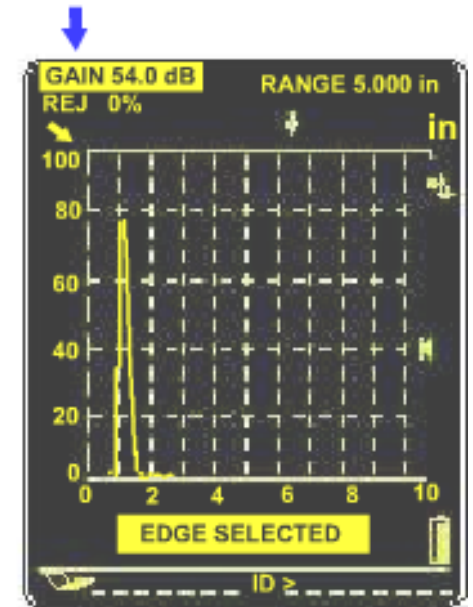
Construcción de la Curva "DAC"

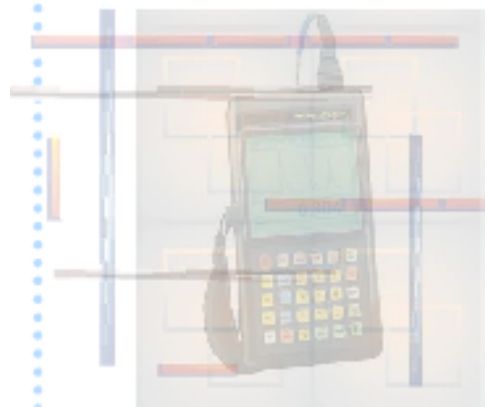


- inspección de un cordón de soldaduras
- detección de discontinuidades
- estimación de dimensiones**



Con el control de ganancia ajustar la amplitud de la indicación al 80% de la altura total de la pantalla (+/- 5%).





**inspección de un cordón
de soldaduras**

**detección de
discontinuidades**

**estimación de
dimensiones**

estimación de dimensiones

Método por caída de amplitud.

Consiste en determinar la localización de los puntos en donde la amplitud de los ecos equivale a la caída de 6 dB con respecto a su amplitud máxima (fig. 1).

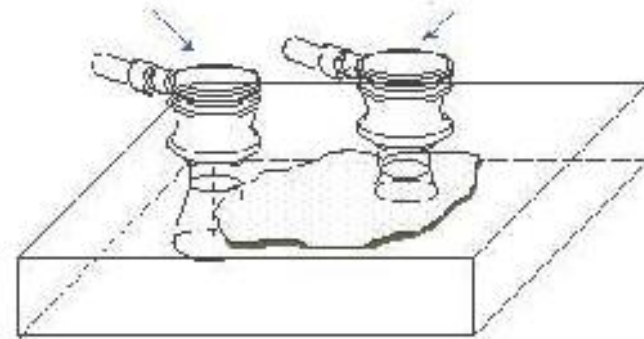
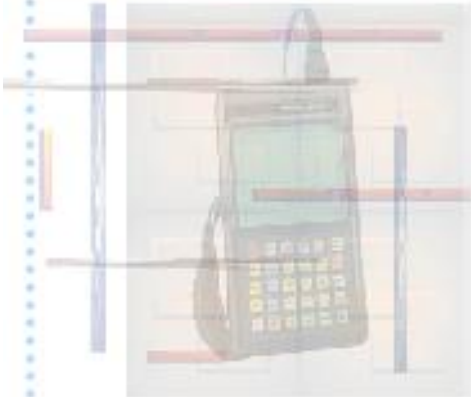
La base es asumir que la indicación del reflector tiene una caída de amplitud a la mitad cuando la parte central del haz se encuentra en el extremo de la discontinuidad. Con este método se dibuja con buena exactitud el contorno de una discontinuidad mayor.

Características:

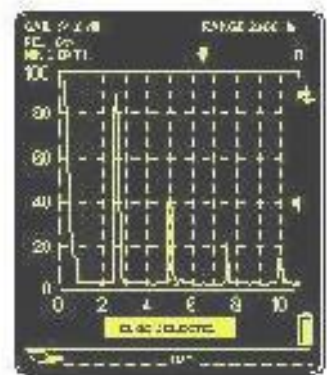
- Aplicable en piezas con superficies paralelas, usando normalmente haz recto.
- Calibración en distancia empleando múltiplos de R.P.P. sobre una zona sana del material.
- Ajuste de sensibilidad de la primera R.P.P. a una amplitud fija entre el 50% y 75% de la E.V.P. sobre una zona sana del material.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

ultrasonido industrial

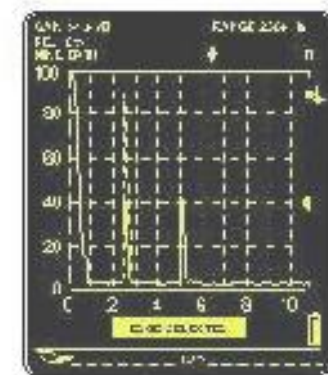
estimación de dimensiones



- inspección de un cordón de soldaduras
- detección de discontinuidades
- estimación de dimensiones**



posición 1



posición 2

fig.1 Técnica de caída de amplitud para discontinuidades mayores

Cuestionario UT Sexta Lección

1. ¿Cómo se realiza la inspección de soldadura?
2. ¿Cómo se calcula la distancia de salto y medio salto?
3. ¿Qué debe conocer el técnico antes inspeccionar una soldadura?
4. ¿Qué es zona de barrido?
5. ¿Cuales son los tipos de movimientos durante el barrido?
6. ¿Cuáles son los factores que afectan la estimación del tamaño de una discontinuidad?
7. ¿Qué es el método por comparación con reflector de referencia?
8. ¿Qué es la curva DAC?
9. ¿Cómo se construye la curva DAC?
10. ¿Qué es el método por cambio de amplitud?

ultrasonido industrial



Procedimientos de calibración

Capitulo VII

distancia de barrido y rango

Ajuste de la distancia de barrido

Se ajusta en términos de "recorrido del ultrasonido". El recorrido del ultrasonido corresponde la distancia dentro del material desde la superficie de entrada hasta la posición en la que se encuentra el reflector.

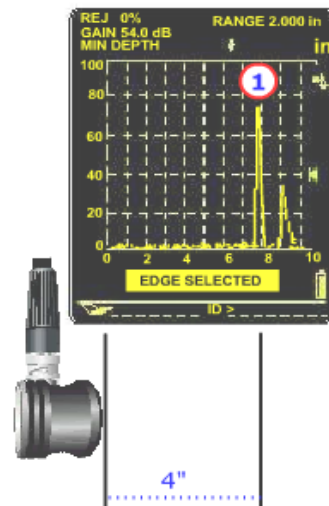
La distancia de barrido se establece con el fin que pueda ser determinada la **posición del reflector**.



Ajuste de la Distancia de Barrido

- 1 Reflexión del espesor de 4" (Ajuste con el control de Longitud de Barrido Fino, RANGE)

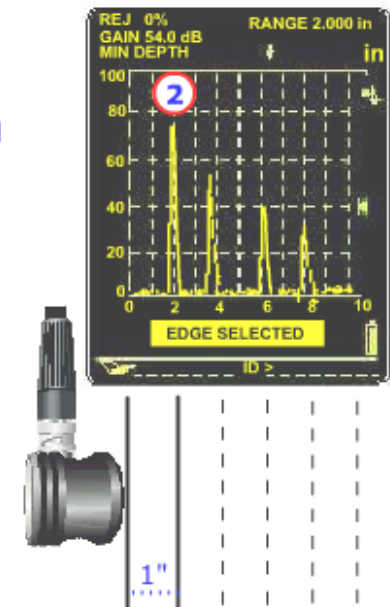
Transductor de Haz Recto



Ajuste de la Distancia de Barrido

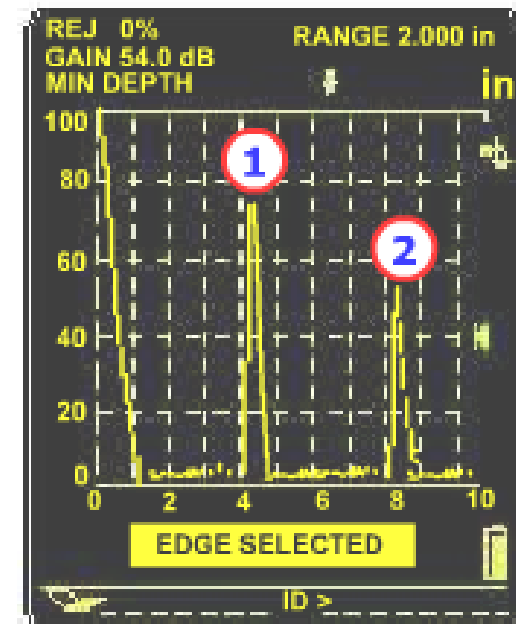
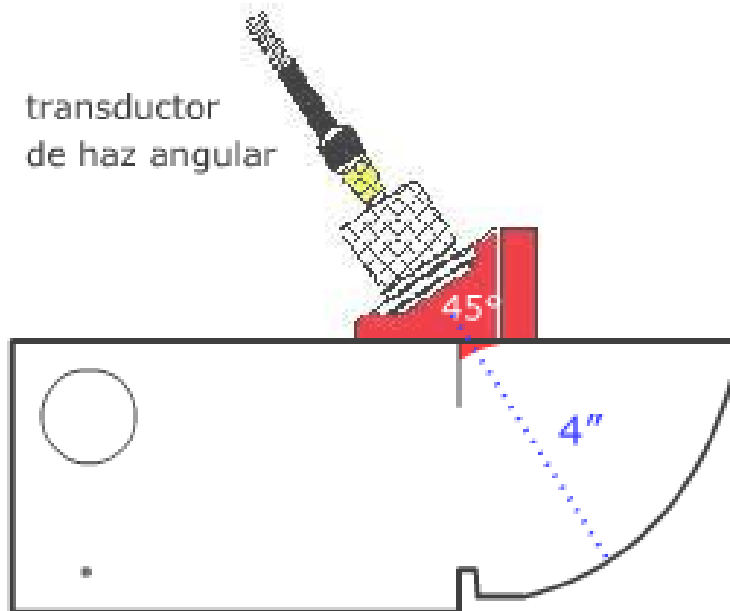
- 1 Reflexión del espesor de 4" (Ajuste con el control de Longitud de Barrido Fino, RANGE)
- 2 Reflexión del espesor de 1" (Ajuste con el control de Retardo de Barrido, ZERO OFFSET)

Transductor de Haz Recto



distancia de barrido y rango

Ajuste de la Distancia de Barrido Bloque IIW Tipo 1

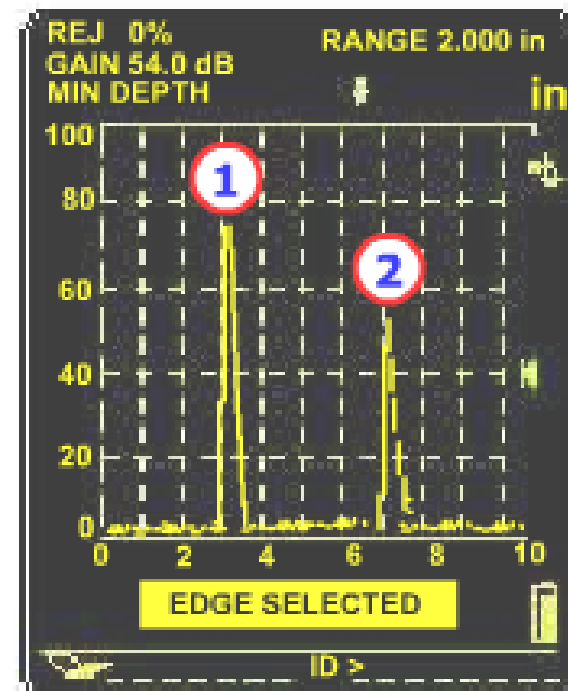
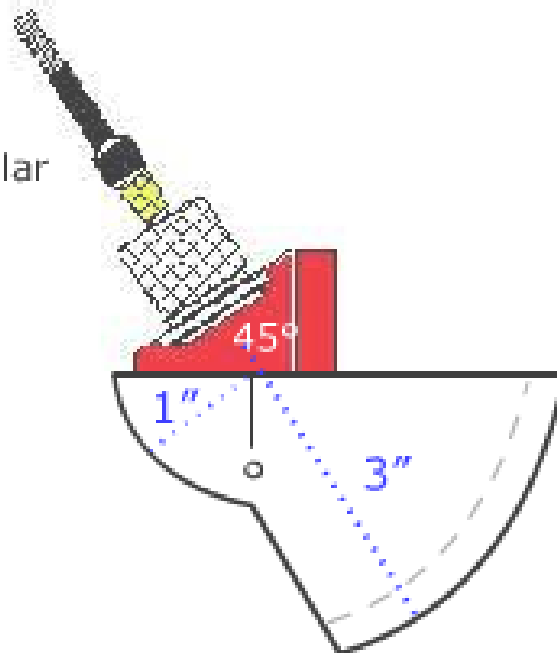


- 1 Reflexión del radio de 4"; Ajuste con el control de Retardo de Barrido (**ZERO OFFSET**)
- 2 Reflexión del radio de 4" (ranura), recorrido sónico de 8"; Ajuste con el control de Longitud de Barrido (**RANGE**)

distancia de barrido y rango

Ajuste de la Distancia de Barrido Bloque DSC

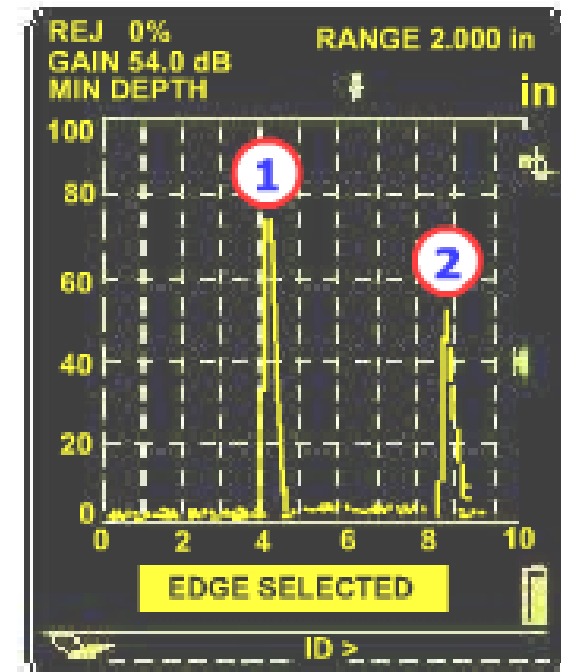
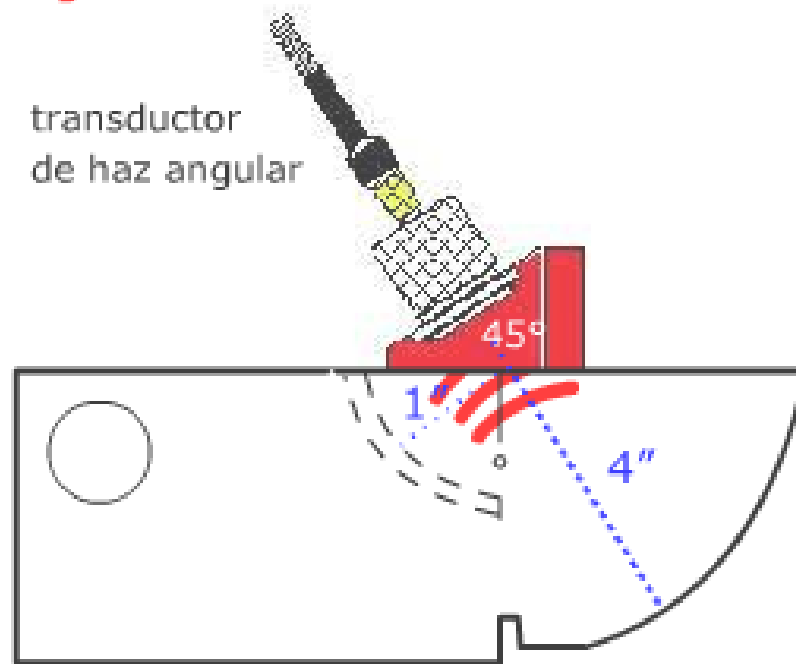
transductor
de haz angular



- 1 Reflexión del radio de 3"; Ajuste con el control de Retardo de Barrido (**ZERO OFFSET**)
- 2 Reflexión del radio de 1", recorrido sónico de 7"; Ajuste con el control de Longitud de Barrido (**RANGE**)

distancia de barrido y rango

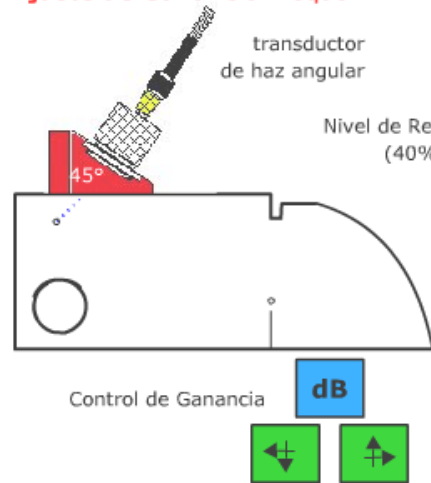
Ajuste de la Distancia de Barrido Bloque IIW Tipo 1



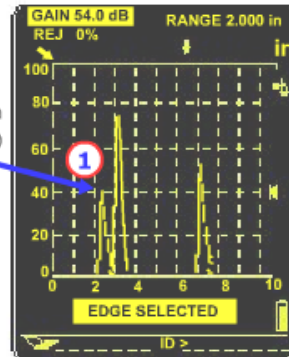
- 1 Reflexión del radio de 4"; Ajuste con el control de Retardo de Barrido (**ZERO OFFSET**)
- 2 Reflexión del radio de 1", recorrido sónico de 9"; Ajuste con el control de Longitud de Barrido (**RANGE**)

ultrasonido industrial

Ajuste de Ganancia Bloque IIW



Función de Ganancia (Ajustar altura de las reflexiones)



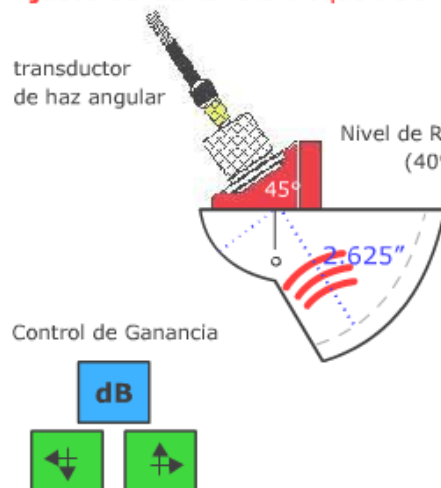
1 Reflexión de la ranura

ajuste de ganancia

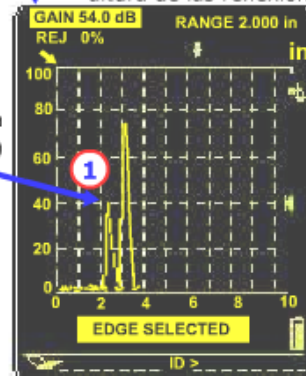
Se establece ajustando la **altura de los ecos** en la pantalla del equipo a un nivel predeterminado conocido como "Nivel de Referencia", el cual puede ser el requerido por un documento basado en la respuesta que se obtiene de reflectores estándar en materiales similares a los inspeccionados.

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

Ajuste de Ganancia Bloque DSC



Función de Ganancia (Ajustar altura de las reflexiones)



1 Reflexión de la ranura

ultrasonido industrial

reflectores de referencia



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

Los reflectores de referencia incluyen:

- Ranuras
- Barrenos de fondo plano
- Barrenos laterales
- Otros de diseños especiales

RANURAS

Usadas para asegurar detección de discontinuidades cercanas o abiertas a la superficie, como grietas.

Son utilizadas ranuras de diferentes características:

- Formas: rectangulares, en "V", en "U";
- Rectas o circulares;
- Dimensiones: longitud, ancho, profundidad;
- Dirección: perpendicular a la superficie o inclinadas, como sea requerido
- En productos tubulares localizarse en el diámetro interior y / o en el exterior, y alineadas en dirección longitudinal o transversal.

**ajuste de distancia
de barrido y rango**

ajuste de ganancia

reflectores de referencia

bloques patrón

ultrasonido industrial

reflectores de referencia



**ajuste de distancia
de barrido y rango**

ajuste de ganancia

reflectores de referencia

bloques patrón

BARRENOS LATERALES

Colocados de tal forma que su eje sea paralelo con respecto a la superficie; el haz ultrasónico incide sobre el barreno en dirección normal a su eje mayor.

Utilizados en juegos, con distancias diferentes desde la superficie y diferentes diámetros; son usados para ondas longitudinales y una variedad de ángulos de onda transversal; son la base para construir curvas de corrección distancia-amplitud (curvas DAC) y ajuste de sensibilidad en pruebas con ondas de corte.

BARRENOS DE FONDO PLANO

Usados para la calibración estándar tanto en la prueba por inmersión como en la prueba por contacto. Son la base para establecer la correlación de la amplitud de la señal con el área del reflector.

Corresponden a barrenos con el fondo plano y de diámetros y profundidades específicas.

Los reflectores planos tienen el problema inherente que requieren un cuidadoso alineamiento entre el eje del haz ultrasónico y el reflector, pequeñas desviaciones provocan reducciones del eco.

ultrasonido industrial

reflectores de referencia



DISEÑOS ESPECIALES

Son reflectores que simulan condiciones de fallas naturales, son producidos o "sembrados" reflectores naturales como grietas. Muy difíciles de duplicar y sufren la inhabilidad de desarrollar una correlación exacta con fallas naturales y lo complicado de duplicar muestras en amplia variedad. Una vez establecida una correlación, recurriendo a una prueba destructiva, es cuestionable obtener la misma configuración. Cuando son duplicados, la variabilidad natural tiende a provocar que la aproximación como estándar de referencia sea altamente cuestionable.

**ajuste de distancia
de barrido y rango**

ajuste de ganancia

reflectores de referencia

bloques patrón

El uso de un tipo de reflector depende de los requisitos establecidos en documentos relacionados con la aplicación de la inspección ultrasónica.

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 discontinuidad es igual a la amplitud del eco del reflector de referencia se asume que la discontinuidad es al menos tan grande como el reflector de calibración.

ultrasonido industrial

bloques patrón

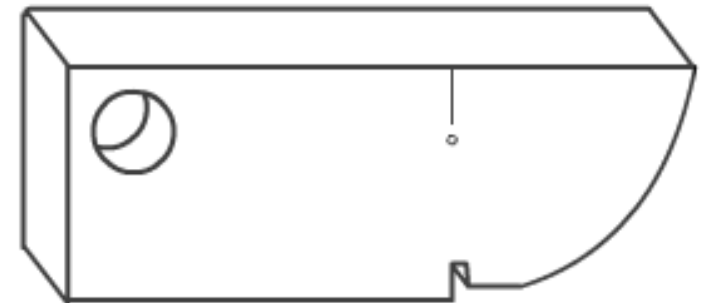


Como base para el ajuste de los controles básicos del equipo ultrasónico se utilizan varios tipos y juegos de bloques estándar que contienen un arreglo de reflectores de referencia .

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

Se incluye a:

- Bloque IIW
- Bloque DSC
- Bloque angular miniatura
- Bloque SC
- Bloque DC
- Bloque RC AW
- Bloque IOW
- Bloque DS AW
- Bloque de pasos
- Bloque básico ASME
- Bloque ASTM



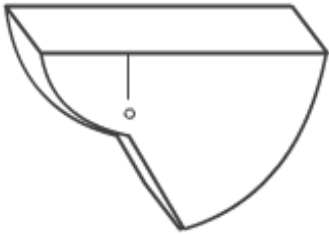
Bloque IIW

ajuste de distancia
de barrido y rango
ajuste de ganancia
reflectores de referencia
bloques patrón

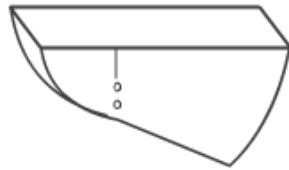
bloques patrón



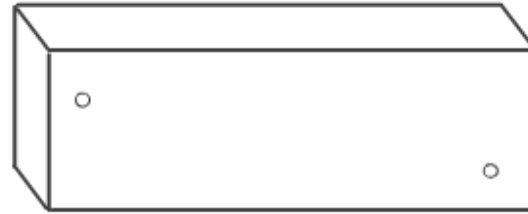
Rotari, C.A.
Ing. END e Insp.



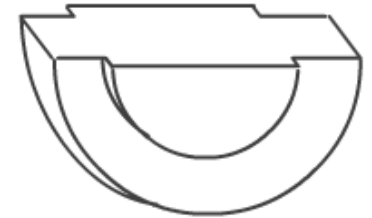
Bloque DSC



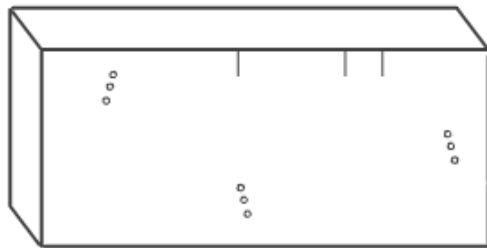
Bloque angular miniatura



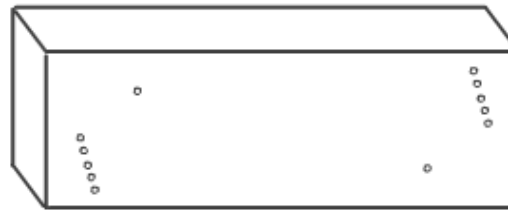
Bloque SC



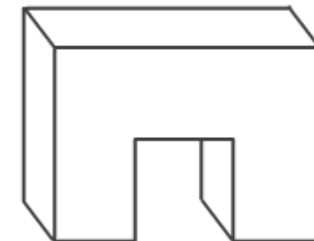
Bloque DC



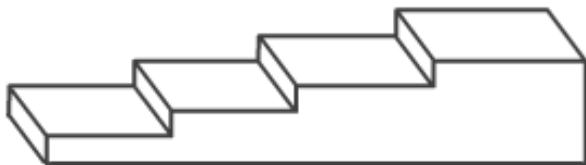
Bloque RC AW



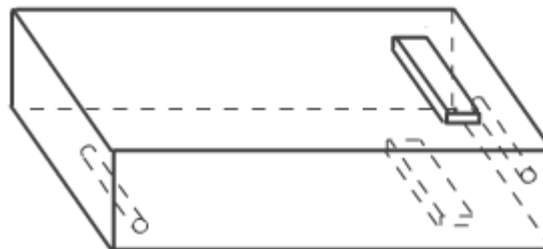
Bloque IOW



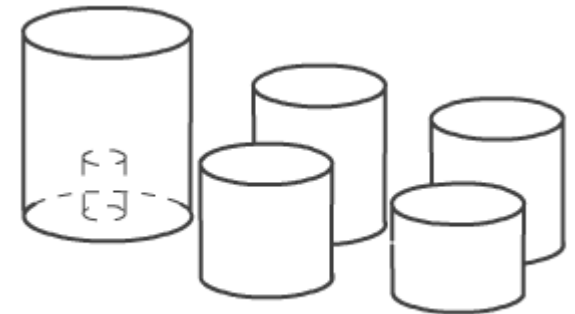
Bloque DS AW



Bloque de pasos



Bloque Básico ASME



Bloques ASTM

Cuestionario UT Séptima Lección

1. ¿Qué es Calibración?
2. ¿Cómo se realiza el ajuste de la distancia de barrido en Bloque IIW Tipo 1?
3. ¿Cómo se realiza el ajuste de ganancia en bloque IIW y DSC?
4. ¿Qué es un reflector de referencia?
5. ¿Cuales son los reflectores de referencia?
6. ¿Qué es un bloque patrón?
7. ¿Cuáles son los bloques patrones más conocidos?
8. ¿Realice un bosquejo de los bloques patrones V1 y V2?
9. ¿Cómo se verifica la salida del haz?

ultrasonido industrial

Codigos y Especificaciones

Capitulo VIII



ultrasonido industrial

códigos



El técnico calificado como Nivel II o III en ultrasonido debe estar familiarizado con el manejo e interpretación de códigos, normas y especificaciones aplicables al método de inspección.

Esto se debe a que cada inspección puede estar gobernada por uno o más procedimientos elaborados y estructurados para cumplir con reglas o criterios de estos documentos, además, porque debe ser capaz de elaborar procedimientos escritos e interpretar resultados de inspección en base a requisitos de los documentos aplicables.

La aplicación de la inspección ultrasónica en un componente regulado o crítico en la industria, está cubierta por múltiples documentos.

Para cumplir con el objetivo y requisitos de estos documentos el personal debe ser capaz de entender el punto de vista que dirige lo establecido en ellos y de asegurar que quien realiza actividades de inspección, documentada en procedimientos, cumple con la variedad de los documentos aplicables.

La forma en la cual los requisitos se encuentran establecidos en los códigos o normas varía de documento a documento.

Documento que define requisitos técnicos de prueba, materiales, procesos de

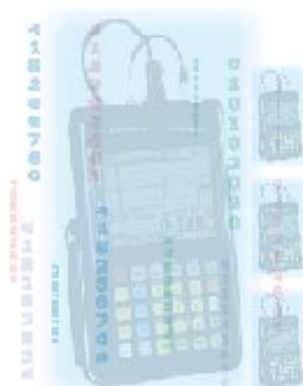
códigos

normas

especificaciones

definiciones

códigos



fabricación, inspección y servicio con los que debe cumplir una parte, componente o equipo.

Ejemplos:

- Código ANSI / ASME
- Código ANSI / AWS D 1.1
- Código ANSI / API 570

Los códigos se aplican o siguen de forma obligatoria solo cuando 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 en los E.U.A.

El Código ASME para Recipientes a Presión y Calderas esta subdividido en dos secciones, para clases específicas de componentes (recipientes a presión, calderas y tubería) y tecnología de soporte (soldadura, pruebas no destructivas y materiales).

ASME ha establecido reglas y requisitos de pruebas no destructivas en la Sección V, que tiene aplicación similar a las normas ASTM y en ocasiones utiliza algunas de ellas como base técnica para las actividades de inspección.

Los códigos no se combinan o sustituyen entre sí.

El Código contempla varios niveles de componentes críticos, por lo cual los criterios de aceptación, requisitos de personal y la definición de lo que debe ser inspeccionado se reserva para las secciones de referencia específica del producto, por separado de la Sección V, por ejemplo: la Sección III (construcciones nucleares nuevas), la Sección VIII (construcción de recipientes a presión nuevos) y la Sección XI (inspección en servicio de instalaciones nucleares).

códigos

normas

especificaciones

definiciones

ultrasonido industrial

normas (estándares)

Documentos que establecen y definen reglas para:

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

Ejemplos:

- Normas ASTM
- Normas Internacionales ISO,
- Normas Mexicanas.

Las normas ASTM relacionadas con las pruebas no destructivas hacen énfasis de la forma en la cual deben realizarse las actividades de inspección, pero dejan el criterio de aceptación para que sea decidido entre el comprador y el vendedor del servicio.

códigos

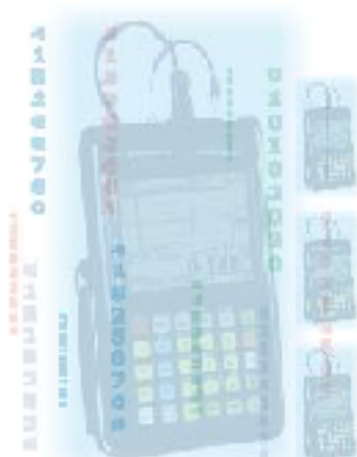
normas

especificaciones

definiciones



especificaciones



Describen, definen y establecen:

- Un servicio, material o producto de forma detallada
- Propiedades físicas o químicas de un material.
- La forma de realizar pruebas, inspecciones, etc., y tolerancias aplicables para la aceptación o rechazo.
- Como de realizar la compra de un servicio o material.

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

Ejemplos:

- Especificaciones API
- Especificaciones particulares de los clientes.

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

Documentos que consideran la aplicación de la inspección por ultrasonido son:

- CÓDIGO ASME, Sección V, Artículo 4 –Métodos de examen ultrasónico para inspección en servicio.
- CÓDIGO ASME, Sección V, Artículo 5 –Métodos de examen ultrasónico

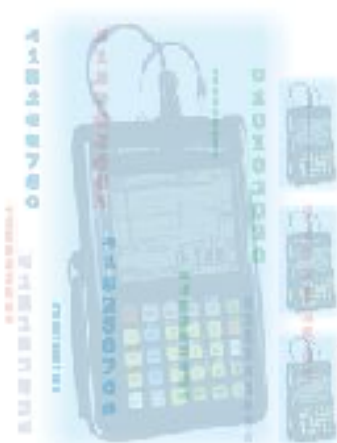
códigos

normas

especificaciones

definiciones

especificaciones



- CÓDIGO ASME, Sección V, Artículo 5 –Métodos de examen ultrasónico paramateriales y fabricación.
- CÓDIGO AWS D1.1, Inspección no destructiva, Inspección ultrasónica, Parte F.
- ASTM Volumen 01.05 A-435, Especificación normalizada para el examen ultrasónico con haz recto de placas de acero.
- ASTM Volumen 01.05 A-388, Práctica normalizada para el examen ultrasónico de forjas de acero grueso.
- ASTM Volumen 03.03 E-114, Práctica normalizada para el examen ultrasónico por pulso-eco y haz recto por el método de contacto directo.
- ASTM Volumen 03.03 E-164, Práctica normalizada para el examen ultrasónico por contacto directo de uniones soldadas.
- ASTM Volumen 03.03 E-213, Práctica normalizada para el examen ultrasónico de tubería y sistemas de tubería.
- ASTM Volumen 03.03 E-273, Práctica normalizada para el examen ultrasónico de soldadura longitudinal de tubería y sistemas de tubería.
- ASTM Volumen 03.03 E-797, Práctica normalizada para la medición de espesores por el método de contacto manual.

códigos

normas

especificaciones

definiciones

De los términos utilizados por los documentos antes mencionados se pueden encontrar dos, los cuales son muy importantes en uso y aplicación.

- SHOULD

Término utilizado como recomendación, indica que el párrafo que lo contiene podría cumplirse, recomienda seguir la condición establecida.

- SHALL

Término utilizado como imperativo, indica que el párrafo que lo contiene debe cumplirse, se debe aplicar rigurosamente la condición establecida.

definiciones



códigos

normas

especificaciones

definiciones

DISCONTINUIDAD:

- No relevantes: Aquellas que por su tamaño, forma, localización, etc., se interpretan pero no se evalúan.
- Lineales: Aquellas que tengan una longitud mayor que tres veces su ancho.
- Redondas: Aquellas de forma elíptica o circular que tengan una longitud igual o menor que tres veces su ancho.

INDICACIÓN:

Respuesta que se obtiene al aplicar algún método de pruebas no destructivas, que requiere ser interpretada para determinar su significado. Existen tres tipos:

- Indicación Falsa: Se presenta debido a una aplicación incorrecta del método de inspección.
- Indicación no Relevante: Producida por el acabado superficial o la configuración del material.
- Indicación Verdadera: Producidas por una discontinuidad.

DEFECTO:

Discontinuidad que por su longitud, orientación, etc., excede el criterio de aceptación establecido; o que podría generar que el material o equipo falle cuando sea puesto en servicio o durante su funcionamiento.

INTERPRETAR:

Determinar que discontinuidad o condición ha generado una indicación.

Al aplicar una prueba no destructiva lo que los técnicos observan son indicaciones, por lo que se debe determinar cuáles son producidas por una discontinuidad.

EVALUAR:

Acción de determinar si una indicación de discontinuidad cumple con un criterio de aceptación.

Durante la evaluación, se compara la dimensión y la forma de las indicaciones con respecto a las indicaciones provenientes del patrón de referencia y/o los requisitos del documento que sea aplicable.

Cuestionario UT Octava Lección

1. ¿Qué es Código?
2. ¿Qué es Norma?
3. ¿Qué es Especificación?
4. ¿Qué significa Should?
5. ¿Qué significa Shall?
6. ¿Qué es discontinuidad y mencione los tipos de discontinuidad?
7. ¿Qué es Indicación y señale los tipos de indicaciones?
8. ¿Qué es defecto?
9. ¿Qué es Interpretar?
10. ¿Qué es Evaluar?

ultrasonido industrial



ANEXOS

ultrasonido industrial

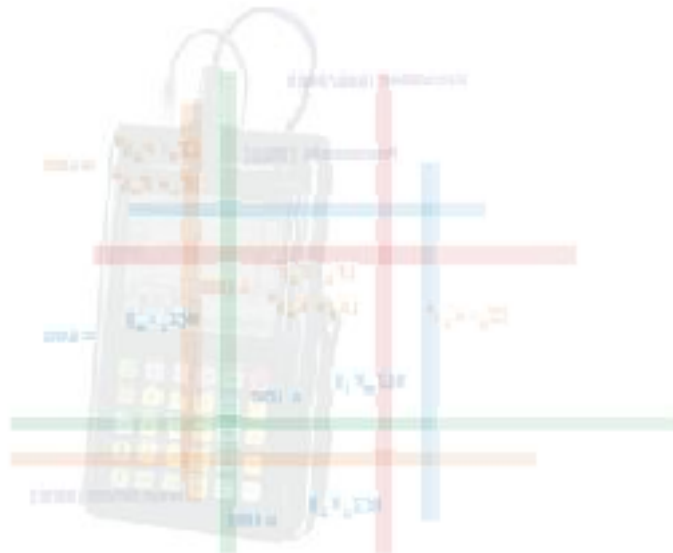
Fórmulas

fórmulas



ultrasonido industrial

fórmulas



1. Longitud de onda (mm) = $\frac{\text{Velocidad (km/seg)}}{\text{Frecuencia (Mhz)}}$

2. % Energía reflejada = $\frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \times 100$

3. % Presión reflejada = $\frac{(Z_2 - Z_1)}{(Z_2 + Z_1)} \times 100$

4. % Presión transmitida = $\frac{4(Z_2 Z_1)}{(Z_2 + Z_1)^2} \times 100$

donde:

Z_1 = Impedancia acústica en el primer medio

Z_2 = Impedancia acústica en el segundo medio

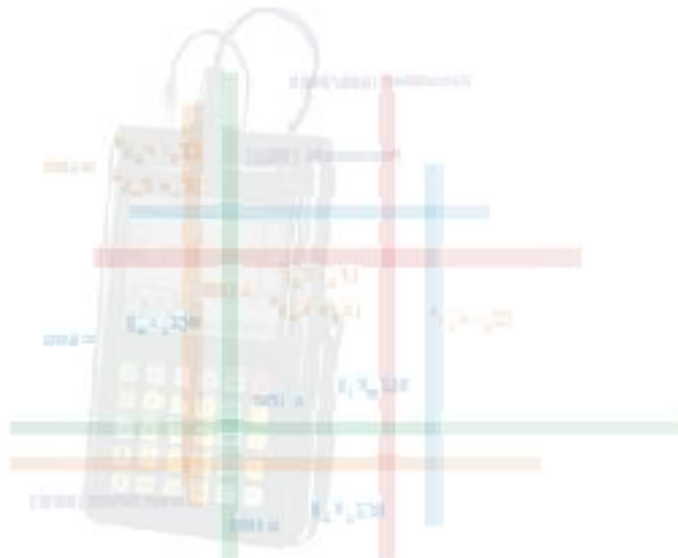
5. dB = $20 \log_{10} \frac{A_2}{A_1}$

donde

A_1/A_2 = Relación de amplitudes

dB = Relación de amplitudes expresada en decibeles

fórmulas



6. Relación de amplitudes $(A_1/A_2) = \text{antilog}$

$$7. \text{ Ley de Snell} = \frac{\text{Sen } \alpha \ V_1(\text{ km/seg})}{\text{Sen } \theta \ V_2(\text{ km/seg})}$$

donde $\alpha = \text{Ángulo de incidencia}$
 $\theta = \text{Ángulo de refracción}$

$$8. \text{ Campo cercano (mm)} = \frac{D^2(\text{ mm}) \times f(\text{ Mhz})}{4V(\text{ km/seg})}$$

$$9. \text{ Divergencia del haz} = \frac{\text{Arc Sen } 1.22 \ V(\text{ km/seg})}{D(\text{ mm}) \times f(\text{ Mhz})}$$

focalización del haz ultrasónico

$$10. F = R \left(\frac{n}{n-1} \right)$$

donde

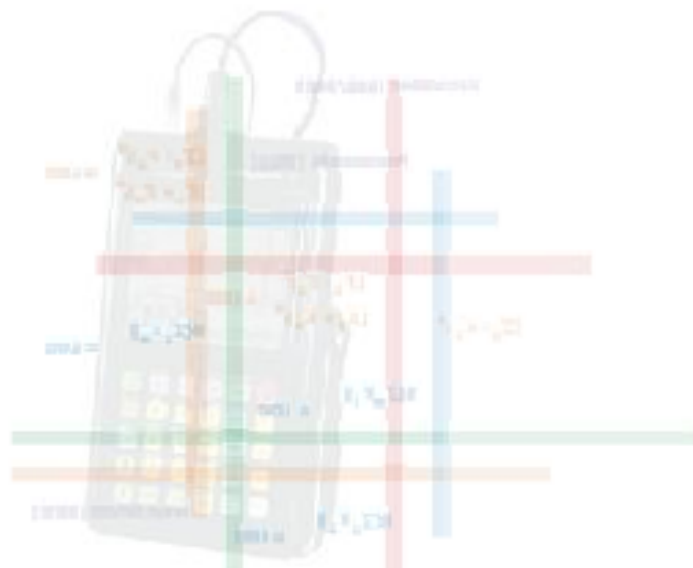
R = Radio de curvatura del lente

F = Longitud focal

n = Índice de refracción (relación de velocidades)

$$11. R = F \left(\frac{n-1}{n} \right)$$

fórmulas



haz angular

12. Distancia de brinco (SD) = $2e \times \text{Tan } \theta$

13. Longitud de pierna = $e / \text{Cos } \theta$

14. Trayectoria en "V" = $2e / \text{Cos } \theta$

15. Distancia superficial = Distancia angular $\times \text{Sen } \theta$

16. Profundidad en primera pierna = Distancia angular $\times \text{Cos } \theta$

17. Profundidad en segunda pierna = $2e - (\text{Distancia angular} \times \text{Cos } \theta)$

18. Profundidad en tercera pierna = $(\text{Distancia angular} \times \text{Cos } \theta) - 2e$

19. Profundidad en cuarta pierna = $4e - (\text{Distancia angular} \times \text{Cos } \theta)$

donde e = Espesor

θ = Ángulo de refracción

Distancia angular = Distancia de recorrido del haz



CONTACTANOS

Dirección: Av. 4 Bella Vista, Edif. Ferley, Sótano Nro. 2 Oficina Nro. 69-104, Sector Bella Vista, Parroquia Olegario Villalobos, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia.

Teléfonos: 0261-7978339 04146594881, 0416-6662794, 0412-5806487, 0416-8679248

Página Web: <https://www.rotarica.com.ve/>

E-mail: contacto@rotarica.com.ve rotarica01@gmail.com
rotarica2021@gmail.com rotaricara@hotmail.com
rotaricard@gmail.com
Skype rotarica01