



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**COMERCIO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-B-011-1987**

**METODO DE INSPECCION ULTRASONICA DE  
TUBOS METALICOS**

*ULTRASONIC INSPECTION OF METAL  
PIPE AND TUBING*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## P R E F A C I O

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes empresas e instituciones:

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y DEL ACERO

COMPAÑIA MEXICANA DE TUBOS

HYLSA, S.A.

TUBACERO, S.A.

TUBERIA NACIONAL, S.A.

TUBOS DE ACERO DE MEXICO, S.A.

## INDICE DEL CONTENIDO

- 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
- 2 ALCANCE
- 3 REFERENCIAS
- 4 DESIGNACION
- 5 ACONDICIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE
- 6 APARATOS
- 7 ACOPLANTE
- 8 PATRONES DE CALIBRACION
- 9 CALIBRACION DEL APARATO
- 10 PROCEDIMIENTO
- 11 INTERPRETACION DE RESULTADOS
- 12 INFORME
- 13 REQUISITOS SUPLEMENTARIOS
- 14 BIBLIOGRAFIA
- 15 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

METODO DE INSPECCION ULTRASONICA DE  
TUBOS METALICOS

## ULTRASONIC INSPECTION OF METAL PIPE AND TUBING

### 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta Norma Mexicana establece los procedimientos para detectar discontinuidades en tubos de metal, usando técnicas ultrasónicas de pulso-eco ya sea de contacto o inmersión de ángulo oblicuo. Las discontinuidades artificiales consisten de ranuras longitudinales de referencia que se usan como medios primarios para la calibración del sistema ultrasónico. Si se desea, tanto una inspección longitudinal como transversal, debe emplearse un procedimiento de ranuras transversales.

1.2 Esta norma se emplea en productos tubulares que tengan un diámetro exterior aproximadamente de 12.7 a 152 mm. Sin embargo, estos procedimientos pueden usarse adecuadamente en diámetros menores y mayores, por acuerdo entre fabricante y comprador.

### 2 ALCANCE

2.1 El propósito de esta norma es establecer los procedimientos para detectar y localizar, discontinuidades significativas tales como agujeros, poros, inclusiones, grietas, cuarteaduras, etc., por el método ultrasónico de inmersión.

### 3 REFERENCIAS

3.1 Esta norma se complementa con la siguiente Norma Mexicana vigente:

NMX-B-49 "Definiciones de los términos empleados en los métodos de inspección ultrasónica".

### 4 DESIGNACION

4.1 La siguiente información debe ser por acuerdo entre fabricante y comprador, y debe especificarse en la orden de compra o por escrito:

- a) Diámetro y tipo de tubo a examinar.
- b) La amplitud del examen, que es el examen en una o ambas direcciones circunferenciales, el examen en una o ambas direcciones axiales, zonasoldada, avance helicoidal durante la inspección, etc.
- c) El momento del examen, esto es, el (los) punto (s) en el proceso de fabricación en el cual el material debe inspeccionarse.

- d) Acondicionamiento de la superficie.
- e) Intervalo de tiempo máximo entre la verificación de la calibración del equipo, si difiere de lo indicado en el inciso 10.2
- f) Tipo, dimensiones, localización, método de fabricación y número de discontinuidades artificiales a ser colocadas en el patrón de calibración.
- g) Métodos para medir las dimensiones de las discontinuidades artificiales y límites de tolerancias, si difieren a lo especificado en el inciso 8.
- h) Criterio para informar y rechazar indicaciones (esto es, criterio de aceptación),
- i) Limitaciones en el proceso de acondicionamiento (reacondicionamiento), usado para remover discontinuidades superficiales, si es aplicable.
- j) Requisitos para un registro permanente de la respuesta de cada tubo, si es aplicable.
- k) Contenido del informe de prueba.
- l) Calificación y certificación del operador, si se requiere.

## 5 ACONDICIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE

5.1 Todas las superficies deben estar limpias y libres de escamas, polvo, grasa, pintura u otros materiales extraños que puedan interferir con la interpretación de los resultados de prueba. Los métodos usados para limpiar y preparar las superficies para la inspección ultrasónica, no deben dañar el metal base o el acabado de la superficie. Las superficies con excesiva rugosidad o rayaduras pueden producir señales que interfieran con la prueba.

## 6 APARATOS

6.1 Los instrumentos y accesorios deben ser del tipo pulso-eco y capaces de distinguir las ranuras de referencia indicadas en el inciso 8, para el alcance requerido en el procedimiento de calibración descrito en el inciso 9. La figura 1 ilustra las características de la entrada oblicua del sonido en la pared del tubo, y la dirección circunferencial de la propagación de la energía ultrasónica usada para detectar las ranuras longitudinales

## 7 ACOPLANTE

7.1 Debe usarse un líquido acoplante tal como agua, aceite, glicerina, etc., capaz de transmitir vibraciones ultrasónicas entre el transductor y el tubo bajo prueba. Puede añadirse al acoplante inhibidores de óxido, ablandadores y agentes humectantes. El acoplante líquido con todos sus aditivos no debe afectar la condición superficial del tubo y debe humedecer la superficie del material para proporcionar un acoplamiento eficiente.

NOTA 1.- En pruebas de contacto, algunos acoplantes resultan mejores para la transmisión ultrasónica, cuando el tubo ha sido previamente recubierto algunas horas antes de la prueba.

## 8 PATRONES DE CALIBRACION

8.1 Debe prepararse un patrón de calibración (de referencia) de suficiente longitud de un tramo de tubo del mismo diámetro nominal, espesor de pared, material, acabado superficial y tratamiento térmico, que el del material a ser inspeccionado.

El tubo de calibración debe estar libre de discontinuidades u otras condiciones que produzcan indicaciones, las cuales puedan interferir con la detección de las ranuras de referencia.

8.2 Una ranura longitudinal de referencia (axial) debe hacerse en la superficie exterior e interior del patrón.

8.3 Si dos o más ranuras de referencia han sido hechas sobre el mismo extremo del patrón de calibración, éstas deben estar separadas suficientemente (circunferencial, axial o ambas) para prevenir interferencias que dificulten la interpretación.

8.4 Todo el metal recalcado, rebabas, etc., adyacentes a las ranuras de referencia deben eliminarse.

8.5 Debe especificarse previamente entre fabricante y comprador las dimensiones de las ranuras como son: longitud, profundidad y ancho (y el ángulo incluido para las ranuras en "V"). La figura 2 muestra la configuración de las ranuras comunes y sus dimensiones a medir (ver nota 2). La amplitud de las reflexiones de ranuras en "V", cuadradas y en "U", de dimensiones comparables, puede variar ampliamente, dependiendo del ángulo, frecuencia y modo de vibración de la respuesta del haz de sonido.

NOTA 2.- En las figuras 2 a, b y d, las esquinas vivas son únicamente con fines de ilustración. Se reconoce que en prácticas de maquinado normal, se genera un radio.

8.5.1 La profundidad de la ranura debe ser un promedio medido a partir de la superficie circular del tubo a la penetración máxima y mínima de la ranura. La medición puede hacerse visulamente, por réplica u otras técnicas mutuamente acordadas. La profundidad de la ranura puede tener una tolerancia de  $\pm 0.013$  mm del valor especificado para ranuras de 0.13 mm o menos en profundidad, y dentro de una tolerancia de + 10% - 15% del valor especificado para ranuras mayores de 0.13 mm en profundidad.

NOTA 3.- Para las superficies de tubos en la condición de "tal y como se laminaron", puede ser necesario modificar el inciso 8.5.1. A continuación se incluyen dos modificaciones aceptables: Es preferible usar la modificación 1, sin embargo, puede usarse la modificación 2, a menos que otra cosa sea especificada por el comprador.

1) La superficie circular del tubo puede ser alisada o preparada en el área de la ranura.

2) La profundidad de la ranura debe estar dentro de una tolerancia de  $\pm 0.025$  mm o de + 10% 15% de la profundidad especificada, lo que sea mayor.

8.5.2 El ancho de las ranuras debe ser tan pequeño como sea práctico, pero no debe exceder dos veces la profundidad.

8.6 Por acuerdo entre comprador y fabricante, pueden especificarse otros tipos y orientaciones de discontinuidades de referencia.

## 9 CALIBRACION DEL APARATO

9.1 Empleando el patrón de calibración especificado en el inciso 8, ajustar el equipo para producir indicaciones claramente identificables de las ranuras interiores y exteriores. La respuesta relativa de las ranuras de la superficie exterior e interior debe ser tan semejante como sea posible. Usar la menor de las dos respuestas para establecer un nivel de rechazo. En tubos de diámetro grande o de espesor de pared grueso, si en la superficie exterior e interior de la ranura, la amplitud no puede hacerse en forma igual debido a la distancia del metal base y a la curvatura del diámetro interior, puede establecerse por separado un nivel de rechazo para las ranuras de la superficie exterior e interior.

NOTA 4.- La indicación de la amplitud puede que no sea proporcional a la profundidad de la ranura.

9.2 Calibrar el equipo bajo condiciones dinámicas que simulen la inspección durante la producción. El tubo que va a ser inspeccionado y la unidad rastreadora ensamblada, deben tener un movimiento de rotación-traslación relativos entre sí, de tal manera que el examen describa un movimiento helicoidal en la superficie exterior del tubo. Mantener constante la velocidad de rotación y translación dentro de una tolerancia de  $\pm 10\%$ . Puede usarse el rastreo axial con indicación circunferencial para proporcionar una cobertura equivalente.

9.3 El paso de la hélice debe ser lo suficientemente pequeño para asegurarse que se cubre el 100% en la distancia de la prueba y sensibilidad establecida durante la calibración, y puede sujetarse a acuerdo previo entre fabricante y comprador.

FIGURAS 1 Y 2

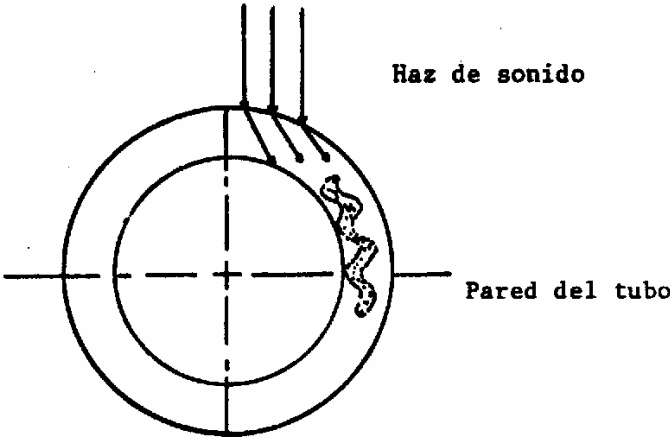
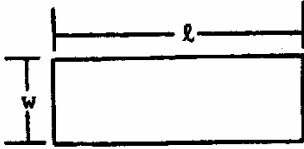
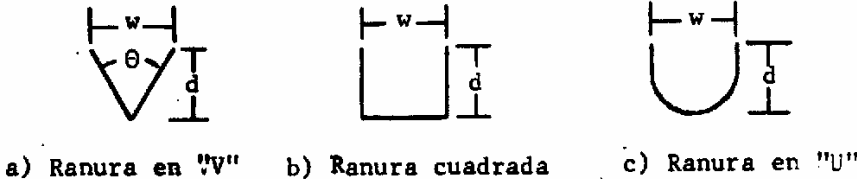


FIGURA 1.- Propagación circunferencial del sonido en la pared del tubo.

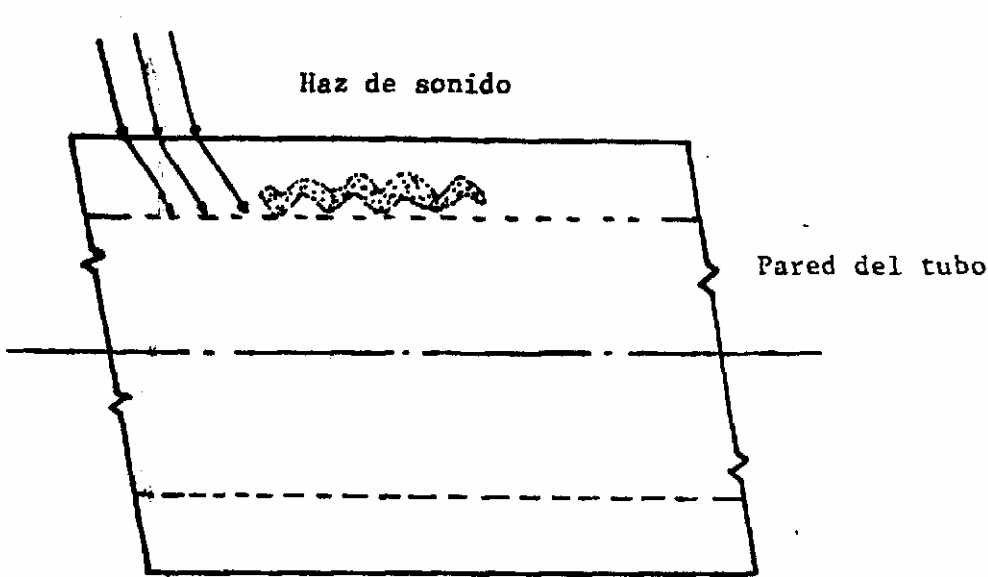


d) vista superior de las ranuras

FIGURA 2.- Formas comunes de ranuras.

PROPAGACION AXIAL DEL SONIDO EN LA PARED DEL TUBO





10.1 A menos que se especifique otra cosa, debe inspeccionarse el tubo con el ultrasonido transmitido en una dirección circunferencial bajo condiciones idénticas usadas para calibrar el equipo (ver nota 5). Por acuerdo entre fabricante y comprador, la inspección puede requerirse con el ultrasonido transmitido en ambas direcciones circunferenciales (ver requisitos suplementarios). Si la inspección se efectúa en ambas direcciones, efectuar el procedimiento de calibración conforme al inciso 9 en ambas direcciones.

NOTA 5.- Se entiende por condiciones idénticas, las que incluyen todos los ajustes de los controles del aparato, movimientos mecánicos, posición de la unidad rastreadora y del tubo, líquido acoplante y otros factores que afecten las características de la inspección.

10.2 Debe verificarse periódicamente la calibración del equipo, usando los patrones de calibración en el equipo de inspección. Efectuar esta verificación antes de iniciar cualquier inspección y al término de esta, como mínimo cada 4 horas durante la operación continua del equipo. Recalibrar el equipo conforme al inciso 9, si el equipo no presenta una definición clara de una señal rechazable de la superficie exterior e interior de la ranura patrón.

10.3 Para muchos tamaños de tubos y programas de inspección, debe haber una reflexión a partir de la superficie de entrada del tubo. Esta señal puede observarse, pero no registrarse como un complemento para la verificación requerida del patrón de calibración, para dar una mayor seguridad de que el equipo funciona adecuadamente. Si dicha señal no existe, hacer verificaciones más frecuentemente del equipo.

10.4 En el caso de que el equipo no presente señales como las indicadas en los incisos 9.1 y 10.2, reinspeccionar todos los tubos probados desde la última calibración aceptable, y después de que se hizo la última recalibración.

10.5 No efectuar cualquier ajuste al equipo a menos que el procedimiento de recalibración descrito en el inciso 9 se efectúe.

10.6 A menos que se especifique otra cosa, la inspección debe aplicarse al 100% de los tubos.

NOTA 6.- Algunos mecanismos transversales no permiten la inspección de los extremos del tubo. Cuando exista esta condición, indicar claramente lo extenso de este efecto por tubo en el informe de inspección.

## 11 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

11.1 Todas las indicaciones que son igual o mayores que el nivel de rechazo establecido durante la calibración como se indica en el inciso 9, ó como se especifique en el contrato, deben considerarse como defectos representativos y pueden ser causa para rechazar el tubo.

11.2 Si en los tubos bajo inspección no son detectadas indicaciones rechazables, el material debe considerarse que pasa el examen ultrasónico, excepto lo indicado en el inciso 10.4

11.3 Los tubos rechazados pueden ser reparados de una manera tal que sea aceptable por el comprador. Si en la reinspección ultrasónica de los tubos reparados no son detectadas indicaciones rechazables, debe considerarse que el material pasa la inspección ultrasónica.

11.4 Debe tenerse cuidado para asegurarse de que el tubo reparado no cambie su aceptación con respecto a otros requisitos de la norma del material, tales como espesor de pared, ovalidad, acabado de la superficie, longitud, etc.,

## 12 INFORME

12.1 Cuando se requiera, el fabricante debe proporcionar la información acordada, en la que conste que el tubo suministrado cumple con los requisitos de esta norma.

## 13 REQUISITOS SUPLEMENTARIOS

Estos requisitos deben aplicarse sólo cuando sean especificados individualmente por el comprador. Cuando los detalles de estos requisitos no estén indicados en la orden de compra, éstos estarán sujetos a acuerdo entre fabricante y comprador.

### 13.1 Inspección.

13.1.1 Cuando sea especificado, la inspección debe realizarse en dirección transversal y longitudinal.

### 13.2 Corrección de la amplitud-distancia.

13.2.1 Debe emplearse un método de compensación para la reducción en la amplitud de la señal ultrasónica como una función de la distancia del metal de prueba. Los detalles de los procedimientos usados para establecer y aplicar la curva de corrección de la amplitud (DAC)-distancia, deben estar sujetos a acuerdo entre fabricante y comprador.

### 13.3 Ranuras transversales.

13.3.1 En lugar de (o además de) las ranuras longitudinales descritas en el inciso 8, debe hacerse una ranura transversal (circunferencial) en la superficie exterior e interior del patrón de calibración, Deben aplicarse los requisitos del inciso 8.3, 8.4 y 8.5 para ranuras transversales.

13.3.2 Debe emplearse un canal independiente de instrumentación (incluyendo el ensamble de la unidad rastreadora) con el objeto de detectar discontinuidades transversales.

13.3.3 Cuando sean especificadas ranuras transversales, en el acuerdo entre fabricante y comprador, también debe especificarse si la inspección se requiere en una o ambas

direcciones axiales. La figura 3 muestra las características de la entrada oblicua del sonido en la pared del tubo, y la propagación axial de la energía ultrasónica para detectar las ranuras transversales.

NOTA 7.- Si la especificación requiere ranuras longitudinales, transversales, y la inspección longitudinal en ambas direcciones axiales, pueden aplicarse las siguientes tres opciones:

- a) Cada tubo debe pasar a través de un canal de inspección cuatro veces por posición, dos veces en cada dirección.
- b) Cada tubo debe pasar a través de dos canales de inspección dos veces por posición, una en cada dirección, o
- c) Cada tubo debe pasar a través de cuatro canales de inspección una sola vez.

#### 13.4 Registro.

13.4.1 Cuando sea especificado, debe acompañar a cada tubo aceptado, un registro conteniendo las evidencias objetivas de los resultados de la inspección. Este debe ser normalmente en forma de gráfica de rollo, colocada en el aparato ultrasónico, obtenida durante la inspección. Debe contener los registros de todas las calibraciones y verificación de éstas, y deben estar registradas para proporcionar una positiva correlación entre cada registro de la prueba y el tubo correspondiente.

#### 13.5 Informe.

13.5.1 Cuando sea especificado, el fabricante debe suministrar al comprador un informe de la inspección que incluya por lo menos la siguiente información:

13.5.1.1 Identificación del material por tipo, tamaño, lote, colada, etc.

13.5.1.2 Identificación de los accesorios y equipo para la inspección.

13.5.1.3 Detalles de las técnicas de inspección, incluyendo velocidad de inspección, frecuencia de la prueba y los efectos de los extremos, si los hubiera (ver nota 7).

13.5.1.4 Descripción del patrón de calibración, incluyendo las dimensiones reales (medición) de las discontinuidades patrón.

13,5.1.5 Descripción del procedimiento de corrección de la distancia-amplitud, si se usa (ver requisito suplementario 13.2).

13.5.1.6 Resultados de la inspección.

#### 14 BIBLIOGRAFIA

- NMX-B-11-1975 "Método de inspección ultrasónica para detectar discontinuidades, longitudinales, en tubos metálicos".
- ASTM-E-213-1983 Standard recommended practice for ultrasonic inspection of metal pipe and tubing.

15 CONCORDANCIA A CON NORMAS INTERNACIONALES

No se puede establecer concordancia por no haber referencia al momento de elaboración de la presente.

México, D.F., 11 SET. 1987

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS



LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO