



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-B-14-1987**

**MÉTODO DE INSPECCIÓN CON CORRIENTES PARASITAS  
(CORRIENTES DE EDDY) CON SATURACION MAGNETICA DE  
PRODUCTOS TABULARES**

*EDDY-CURRENT EXAMINATION OF STEEL TABULAR PRODUCTS  
USING MAGNETIC SATURATION*

**DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

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, S.A.
  
- HYLSA, S.A.
  
- INDUSTRIAS JOHN DEERE, S.A. DE C.V.
  
- TUBACERO, S.A.
  
- TUBERIA NACIONAL, S.A.
  
- TUBOS DE ACERO DE MEXICO, S.A.

## INDICE DEL CONTENIDO

- 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
- 2 SIGNIFICADO Y USO
- 3 BASES DE APLICACIÓN
- 4 RESUMEN DEL MÉTODO
- 5 DEFINICIONES
- 6 APARATOS
- 7 AJUSTE Y ESTANDARIZACION DE LOS APARATOS
- 8 PROCEDIMIENTO
- 9 TAMAÑOS TÍPICOS DE LAS DISCONTINUIDADES ARTIFICIALES
- 10 PRECAUCIONES
- 11 BIBLIOGRAFIA
- 12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

## MÉTODO DE INSPECCIÓN CON CORRIENTES PARASITAS (CORRIENTES DE EDDY) CON SATURACION MAGNETICA DE PRODUCTOS TABULARES

### EDDY-CURRENT EXAMINATION OF STEEL TABULAR PRODUCTS USING MAGNETIC SATURATION

#### 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

1.1 Esta Norma Mexicana establece un procedimiento para aplicar el método corrientes parásitas (corrientes de Eddy) para detectar discontinuidades en tubos ferromagnéticos, donde el tubo que va a probarse es vuelto substancialmente no magnético por la aplicación de un fuerte campo magnético concentrado en la zona adyacente a la bobina de prueba.

1.2 El procedimiento es aplicable específicamente a los métodos de inspección con corrientes parásitas usando un ensamble de bobina envolvente. Sin embargo, puede usarse la técnica de corrientes parásitas que emplea ensambles de bobinas exploradoras fijas o giratorias para mejorar la sensibilidad de la discontinuidad en tubos de gran diámetro o para maximizar la respuesta recibida de un tipo particular de discontinuidad.

1.3 Esta norma se emplea en productos tubulares que tengan un diámetro exterior aproximadamente de 6.35 a 254.0 mm. No obstante, estas técnicas han sido usadas en diámetros menores y mayores a los indicados y pueden especificarse por acuerdo entre fabricante y comprador

#### 2 SIGNIFICADO Y USO.

2.1 El propósito de esta norma es el de establecer los procedimientos para la detección y localización de discontinuidades, como agujeros, huecos, inclusiones, grietas o variaciones dimensionales abruptas en el tubo ferromagnético, empleando el método electromagnético (corrientes parásitas). Además, puede indicarse la severidad relativa de una discontinuidad y puede usarse para establecer un nivel de rechazo con respecto a la magnitud de la indicación.

2.2 La respuesta de las discontinuidades naturales puede ser significativamente diferente que la de las discontinuidades artificiales, como agujeros o ranuras. Por esta razón, debe hacerse el trabajo suficiente para establecer el nivel de sensibilidad y disposición requerida para detectar las discontinuidades naturales de consecuencia para el uso final del tubo.

2.3 Los sistemas de prueba de corrientes parásitas (corrientes de Eddy) generalmente no son sensibles a las discontinuidades adyacentes a los extremos del tubo. Lo extenso del efecto de los extremos puede determinarse según el inciso 7.6

### 3 BASES DE APLICACIÓN.

3.1 Los siguientes criterios de aceptación pueden requerirse por acuerdo entre el fabricante y comprador, y especificarse en la orden de compra.

3.1.1 El tiempo de la prueba, que es el (los) punto (s) en el proceso de fabricación en el cual el material debe probarse.

3.1.2 Tipo, método de fabricación, dimensiones, localización y número de discontinuidades artificiales a colocarse en el patrón de calibración.

3.1.3 Tamaño y tipo de tubo.

3.1.4 Lo extenso de la prueba, que es la longitud total de la soldadura, etc.

3.1.5 Disposición del material con indicaciones.

3.1.6 Métodos de verificación de dimensiones y tolerancias de las discontinuidades artificiales.

3.1.7 Intervalo máximo de tiempo entre la verificación de la calibración del equipo.

3.1.8 Calificación y certificación del operador, si se requiere.

3.1.9 Métodos para determinar lo extenso del efecto de los extremos.

### 4 RESUMEN DEL MÉTODO.

4.1 La prueba se efectúa empleando una de las dos técnicas generales indicadas en la figura 1.

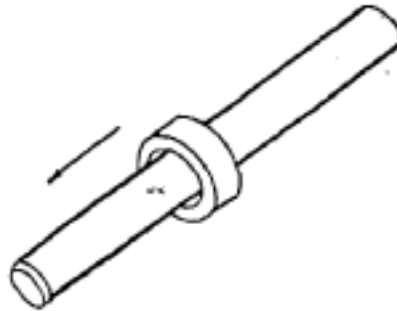
4.1.1 La primera técnica emplea una o más bobinas excitadoras y sensoras que rodean al tubo, a través del cual se conduce para probarse. Algunas configuraciones de circuitos emplean una o más bobinas que funcionan tanto como excitadoras, como sensoras. La corriente alterna que pasa a través de la bobina excitadora la cual, debido a la cercanía, induce el flujo de corriente al tubo (corrientes parásitas). La bobina sensora detectará el flujo electromagnético resultante de esta corriente. La presencia de discontinuidades en el tubo alterarán el flujo normal de la corriente y este cambio es detectado por el sensor. La técnica de la bobina envolvente es capaz de probar toda la circunferencia del tubo.

4.1.2 Las otras técnicas emplean una bobina exploradora con uno o más sensores, que estén cercanas a la superficie del tubo que va a ser probado. Puesto que la bobina de prueba es generalmente pequeña y no envuelve el tubo que va a probarse, esta prueba se limita solamente al área en la vecindad de la bobina exploradora. Esta técnica es usada frecuentemente para probar la soldadura de los tubos, en la cual la soldadura es explorada a lo largo de ella.

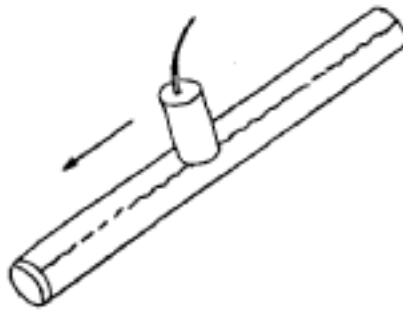
4.1.3 La permeabilidad magnética de los materiales ferromagnéticos, limitan severamente la profundidad de penetración de las corrientes parásitas inducidas.

FIGURA 1.

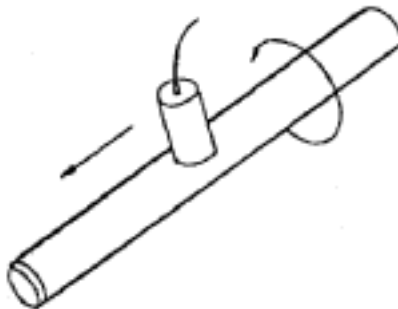
TECNICAS DE BOBINA ENVOLVENTE Y EXPLORADORA PARA LA PRUEBA ELECTROMAGNETICA DE PRODUCTOS TUBULARES



a) Bobina envolvente



b) Bobina exploradora. Para examinar solamente la costura de soldadura.



c) Bobina exploradora. Para examinar a lo largo del tubo en un paso espiral.

Además, las variaciones de la permeabilidad inherentes en los tubos ferromagnéticos a menudo causan resultados de prueba erróneos. Una solución útil a este problema involucra la aplicación de un fuerte campo magnético externo en la región de la prueba de la bobina o sonda. Esta técnica, conocida como saturación magnética, es aplicada a un material magnético, tal como un tubo de acero, para suprimir las características magnéticas de permeabilidad, histéresis, etc., de tal manera, que el material bajo prueba deba estar efectivamente desmagnetizado. Cuando se logra esta condición permite un sistema de corrientes parásitas para medir y detectar la resistividad eléctrica y variaciones geométricas (incluyendo defectos) independientemente de variaciones concurrentes en las propiedades magnéticas.

4.1.4 Los cambios en la respuesta electromagnética causados por la presencia de discontinuidades son detectados por el sensor, amplificados y modificados, con objeto de excitar los dispositivos indicadores visuales, de audio, mecánicos, registrador de señales o una combinación de éstos. Las señales pueden ser causadas por discontinuidades superficiales exteriores, interiores o subsuperficiales, si la frecuencia de las corrientes parásitas proporciona la suficiente profundidad de penetración (ver inciso 10.1). El método de corrientes parásitas es sensitivo a las variaciones metalúrgicas que ocurren como un resultado del proceso, de esta manera todas las indicaciones recibidas no son necesariamente indicativas de defectos en el tubo.

## 5 DEFINICIONES.

5.1 Las definiciones de los términos relacionales a la prueba electromagnética se indican en la especificación del apéndice A 1.

## 6 APARATOS.

### 6.1 Aparatos electrónicos.

Los aparatos electrónicos deben ser capaces de energizar las bobinas o bobinas de prueba con corrientes alternas de una frecuencia seleccionada y ser capaces de sensibilizar los cambios en la respuesta electromagnética de los sensores. El equipo puede incluir circuitos de procesamiento de señales apropiados, como un discriminador de fase, filtro, etc., según sea requerido para una aplicación en particular.

### 6.2 Ensamble de bobina envolvente.

Esta consta de una o más bobinas eléctricas que estén envolviendo al tubo que ha de ser probado.

### 6.3 Ensamble de bobina exploradora.

Contiene en una bobina excitadora y un sensor, aunque en algunos casos el excitador y sensor son uno solo.

### 6.4 Sistema de saturación magnética

Consiste de un método adecuado de aplicación de un campo magnético fuerte a la región del tubo adyacente al ensamble de bobina envolvente o exploradora, para que la región del tubo esté efectivamente desmagnetizada. Los sistemas típicos empleados son magnetos permanentes o electromagnetos.

### 6.5 Mecanismos de conducción.

El movimiento del tubo a través de la bobina o del paso de la sonda debe efectuarse a una velocidad uniforme y con un mínimo de vibración del tubo, bobina y sonda.

### 6.6 Patrón de referencia.

El patrón usado para ajustar la sensibilidad del aparato debe estar libre de discontinuidades que interfieran, ser de una aleación nominal, revenido y dimensiones, que las del tubo que este examinándose en base a una producción. Debe ser de suficiente longitud para permitir el espaciado de discontinuidades artificiales, para que proporcionen una buena señal de resolución y ser mecánicamente estables mientras está en la posición de prueba en el aparato. Las discontinuidades artificiales colocadas en el tubo deben ser uno o más de los siguientes tipos (ver figura 2):

#### 6.6.1 Ranuras.

Las ranuras pueden producirse por máquinas de descarga eléctrica (MDE), maquinado o por otros medios. Puede usarse longitudinal, transversal o ambos (ver nota 1). La orientación, dimensiones (ancho, longitud y profundidad) y configuración de las ranuras afectan la respuesta al sistema de corrientes parásitas. La profundidad de la ranura es usualmente especificada como un porcentaje del espesor de pared nominal del tubo que va a ser probado. Las ranuras pueden colocarse en la superficie exterior, interior o en ambas, del patrón de referencia (calibración). Las ranuras en la superficie exterior proporcionan una indicación de respuesta del sistema para discontinuidades originadas en la superficie exterior del tubo, mientras que en las ranuras en la superficie interior proporcionan una indicación de la respuesta del sistema a discontinuidades originadas en la superficie interior del tubo.

NOTA 1.- Los patrones con ranuras longitudinales son normalmente usados cuando se prueban con un sistema de sonda giratoria.

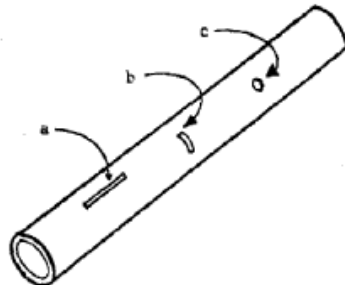
#### 6.6.2 Agujeros.



Pueden usarse agujeros barrenados. Estos son usualmente barrenados de ranura que atraviesen la pared del tubo. Debe tenerse cuidado durante el barrenado para evitar la distorsión del tubo y agujero.

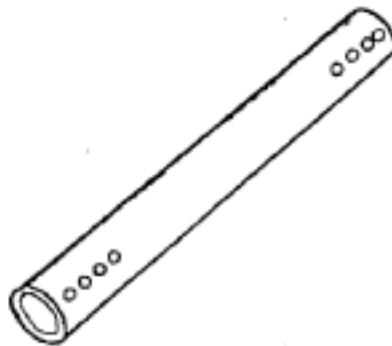
6.6.3 La configuración, orientación y dimensiones (diámetro de los agujeros y el ancho, longitud y profundidad de las ranuras) de las discontinuidades artificiales a usarse para establecer los límites de aceptación, deben ser por acuerdo entre fabricante y comprador.

FIGURA 2.- DIFERENTES TIPOS DE DISCONTINUIDADES ARTIFICIALES



- a) Ranura longitudinal (por máquinas de descarga o maquinadas) en el diámetro interior, exterior o en ambos.
- b) Ranura transversal (por máquinas de descarga o maquinadas) en el diámetro interior, exterior o en ambos.
- c) Agujeros barrenados (radialmente a través de la pared).

FIGURA 3.- LOCALIZACION DE LAS DISCONTINUIDADES ARTIFICIALES (AGUJEROS BARRENADOS) QUE PUEDEN USARSE PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LOSEXTRAMOS ( LA DISTANCIA NORMAL DEL EXTREMO DEL TUBO Y ENTRE CADA AGUJERO SER 6,35 mm).



El ajuste y estandarización de los aparatos debe sujetarse a lo siguiente:

7.1 Selección del aparato frecuencia de la prueba, configuración de la bobina o sonda, o ambos, el sistema de saturación magnética, discriminación de la fase y cualquier otro circuito, así como la velocidad de la prueba.

7.2 Por acuerdo entre fabricante y comprador, pueden fabricarse patrones de referencia aplicables.

7.3 Ajustar la resistencia del campo del sistema de saturación magnética para obtener un nivel adecuado de magnetización en el tubo conforme a los incisos 8.3.1 y 8.3.2. Este es el grado de magnetización mínimo, requerido para la prueba posterior del tipo y tamaño del tubo representado por el patrón de referencia.

7.3.1 Ajustar la sensibilidad del sistema de corrientes parásitas, de tal manera que sin la aplicación del campo magnético externo, la prueba del patrón de referencia resulte un ruido excesivo. Esta condición se caracteriza por alarmas repetidas del instrumento sobre la longitud total del tubo.

7.3.2 En pruebas repetidas del patrón de calibración, aumentar la corriente magnetizante o el campo magnético hasta el punto en donde no se obtenga más reducción en el ruido del tubo, debido a un incremento en la fuerza del campo magnetizante.

NOTA 2.- Debe indicarse que algunas veces hay una falsa indicación del nivel de saturación que puede resultar en una lectura errónea (ver figura 4).

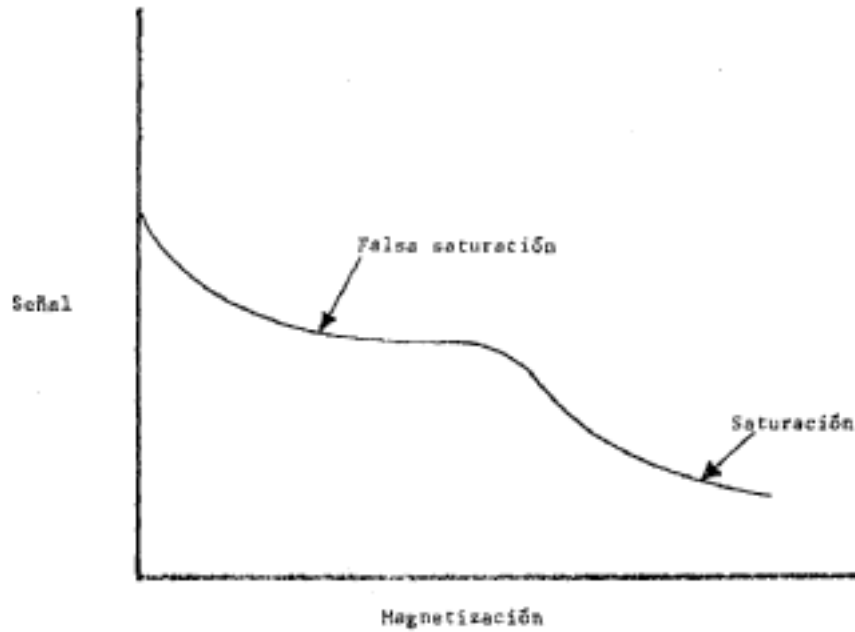
7.4 Ajustar el aparato para obtener una relación de señal a ruido óptima, por ajuste de la sensibilidad mínima requerida para detectar confiablemente las discontinuidades artificiales en el patrón de referencia. Esto debe efectuarse bajo condiciones idénticas (tal como velocidad de prueba) a aquéllas que van a usarse en la prueba de producción de los tubos, si el sistema está influenciado por estas condiciones.

7.5 Mientras se efectúa lo indicado en 7.4 ó como una operación separada, girar el patrón de calibración en incrementos ya sea de 1.57 ó 2.09 radianes ( $90^\circ$  ó  $120^\circ$ ) para determinar la localización del centro eléctrico en la bobina de prueba. Ajustar mecánicamente la posición del tubo dentro de la bobina para obtener respuestas aproximadamente iguales a las discontinuidades artificiales, sin tomar en cuenta su localización circunferencial.

7.5.1 Determinar el centro eléctrico de una bobina exploradora con respecto a la normalidad del campo de la sonda material y circunferencialmente uniforme fuera de altura. Ajustar la normalidad del campo de la sonda material de tal forma que se obtengan

señales uniformes de las ranuras o agujeros de calibración, sin tomar en cuenta su posición dentro del área que se intenta probar bajo la sonda. Este ajuste se detecta típicamente cuando se explora con una sonda a lo largo de una línea tal como una zona soldada.

FIG. 4 DESCRIPCION GRAFICA DE LA FALSA SATURACION, NIVEL ALGUNAS VECES ENCONTRADO CUANDO SE SATURA MAGNETICAMENTE EL MATERIAL BAJO PRUEBA



7.5.2 Establecer el centro eléctrico de una sonda giratoria ajustando el aparato para obtener señales uniformes de las ranuras o agujeros de calibración, cuando esta en la

posición 0, 1.57, 3,14 y 4.71 radianes (0°, 90°, 180° y 270°). Este ajuste se logra asegurando uniformemente la altura de la sonda alrededor del tubo.

7.6 Lo extenso del efecto de los extremos (ver nota 3) se determina usando un tubo especial de referencia, conteniendo una serie de ranuras o agujeros similares cerca de uno o ambos extremos (ver figura 3). Para evaluar el efecto de los extremos cuando las ranuras o agujeros son colocados solamente cerca de uno de los extremos, pasar el tubo dos veces a través del sistema, cada uno con ranuras o agujeros al inicio y final del rastreo. Cuando las ranuras o agujeros estén localizados en el extremo inicial del tubo, entonces la región del efecto del extremo o la región de prueba inadecuada, se extiende desde el extremo inicial del tubo al punto donde el primero de los agujeros o ranuras se detectan con una respuesta uniforme. Cuando los agujeros o ranuras están en el extremo final a través del sistema, entonces la región del efecto del extremo se extiende hasta el punto en el cual el último agujero o ranura es detectada con una respuesta uniforme al extremo del tubo.

NOTA 3.- Esto tiene por objeto que lo extenso de la región del efecto de los extremos se determine solamente una vez para cada diámetro específico, calibración, velocidad, configuración de la bobina y frecuencia de la prueba, y no necesita repetirse para cada corrida o durante el periodo de verificación de la calibración.

## 8 PROCEDIMIENTO.

8.1 Calibrar el sistema al inicio y al final de cada corrida, y al comienzo de cada cambio (o turno), usando el patrón de referencia.

8.2 Pasar los tubos que van a ser probados a través de la bobina envolvente, o por la bobina exploradora, con el aparato ajustado conforme al inciso 7. Los tubos que produzcan una señal de salida que no cumpla con los límites en la orden de compra u otras especificaciones acordadas, pueden, a opción del fabricante, separarse para volver a probarlos. Los tubos deben aceptarse si en la reexaminación la señal de salida está dentro de los límites aceptables, o se demuestra por otra prueba que son irrelevantes.

8.3 Los tubos pueden probarse al final del estirado, recocado, tratamiento térmico o en la condición de tal y como se soldó o se especificó en la orden de compra. El punto en el proceso en el cual se realiza la prueba, debe ser por acuerdo entre fabricante y comprador. Los tubos deben estar libres de substancias extrañas que puedan interferir con la efectividad de la prueba.

## 9 TAMAÑOS TÍPICOS COS DE LAS DISCONTINUIDADES ARTIFICIALES.

### 9.1 Ranuras longitudinales.

La profundidad de la ranura longitudinal, usualmente se especifica como un porcentaje del espesor de pared nominal y son típicos los valores de 10, 10.5 ó 20%. El ancho de la ranura longitudinal es una variable relevante para la prueba con corrientes parásitas y debe especificarse. La longitud de la ranura es usualmente especificada en su máxima dimensión. Las máximas longitudes de ranuras típicas son de 6.3, 12.7 ó 25.4 mm.

### 9.2 Ranuras transversales.

La profundidad de las ranuras transversales se mide en el punto más profundo y se especifica usualmente como un porcentaje del espesor de pared nominal. Son típicos los valores de 10, 12.5 y 20%. El ancho de la ranura transversal es una variable relevante para la prueba con corrientes parásitas y se especifica como sigue: El ancho de las ranuras transversales debe ser el mínimo práctico pero no mayor de 1.6 mm.

### 9.3 Agujeros

Cuando se usen agujeros para calibración, éstos usualmente deben atravesar la pared del tubo. El diámetro de estos agujeros puede especificarse como un porcentaje del espesor de pared, o pueden escogerse tamaños arbitrarios basados en los factores que incluyen el servicio a que está destinado el tubo u otro criterio apropiado. El intervalo típico del diámetro de los agujeros es de 20 a 50% del espesor de pared nominal del tubo, aunque agujeros de 1.6 mm de diámetro son especificados para usarse con todos los tamaños de tubos ampliamente usados en la industria. Se considera una buena práctica incluir agujeros con diámetros mayores y menores que el tamaño de referencia usado para establecer el nivel de rechazo, dado que esto provee un medio útil para verificar que la respuesta dinámica del equipo es adecuada.

## 10 PRECAUCIONES.

10.1 Dado que la densidad de las corrientes parásitas disminuye aproximadamente en forma exponencial conforme la distancia de la superficie externa se incrementa, la respuesta de las discontinuidades profundas disminuye. Correspondientemente, la orientación de las discontinuidades también afectan la respuesta del sistema y debe tomarse en consideración cuando se establezca la sensibilidad de la prueba.

10.2 En la preparación de un patrón de referencia para tubos soldados, las discontinuidades artificiales deben colocarse tanto en el metal de soldadura como en el metal base, cuando se espera que las respuestas sean diferentes y si ambos deben probarse. Los aparatos se ajustan entonces para obtener una relación-sígnal ruido óptima.

10.2.1 Cuando solamente se prueba el área soldada, las discontinuidades deben colocarse en esta área.

10.3 La frecuencia de la prueba y el tipo de aparato a ser empleado debe considerarse cuando se escoja la velocidad de la prueba. Ciertos tipos de equipo son efectivos solamente sobre un intervalo de velocidad dado; por lo tanto, la velocidad de prueba debe estar dentro de este intervalo.

10.4 Las discontinuidades tales como rayaduras o costuras que son continuas y uniformes sobre toda la longitud del tubo no siempre pueden detectarse con bobinas envolventes diferenciales o sondas exploradoras a lo largo de la longitud del tubo.

#### APENDICE.

A 1 En tanto no se establezca la Norma Mexicana, se aplicará, en forma supletoria, la siguiente especificación extranjera:

ASTM-E-268            Definitions of terms relating to Electromagnetic Testing.

#### 11 BIBLIOGRAFIA.

NMX-B-14-1975      Método de inspección con corrientes parásitas con saturación magnética de productos tubulares.

ASTM-E-309-83      Standard Practice for Eddy-Cuurent Examination of Steel Tubular Products Using Magnetic Saturation.

#### 12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

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

México, D. F., a 11 de Septiembre de 1987

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the name of the signatory.

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO