

INDICE

A - INSTRUCCION GENERAL

1. Alcance, instrucción y procedimiento empleado	1
1.1. Motivos de la revisión	1
1.2. Alcance de la revisión	1
1.3. Procedimientos empleados	1
2. Ejes en servicio	1
3. Detalles de la revisión, decisiones y marcación	2
3.1.1. Opciones	3
3.1.2. Marcaciones	3
3.1.3. Ejes fisurados	4
3.1.4. Ejes sin numeración	4

B- DETALLES DEL CONTROL

1. Generalidades	4
2. Zonas de control ultrasónico	4
3. Palpadores a emplear	4
3.1. Palpador normal	4
3.2. Palpador/es regular/es	5
4. Preparación de los ejes a ser controlados	5
4.1. Limpiadores	5
4.2. Acoplantes	5
5. Calibración del aparato y palpadores	6
6. Calibración del aparato para uso con palpador normal	6
7. Calibración del aparato para su uso con palpador angular de asiento cilíndrico	6
7.1. Calibración	6
7.2. Verificación del ángulo de emisión de los palpadores angulares	6
8. Determinación de la ubicación topográfica de las fallas.....	7

C- CONTROL DEL PALPADOR NORMAL

1. Antecedentes	7
1.1. Método de control	7

D- CONTROL CON PALPADORES ANGULARES DE 37°

1. Antecedentes	8
1.1. Método de control	9
1.2. Regulación de la sensibilidad del aparato	10
1.3. Formas características de ecos	10
1.4. Interpretación de ecos de diferentes tipos	10
1.5. Precauciones en el empleo de los palpadores angulares	11
1.6. Casos prácticos de aplicación	11
1.7. Cálculos para predeterminaciones	12
a) Cálculo previo del camino al lugar de aparición del eco de falla	12
b) Cálculo de la línea de la pantalla donde aparecerá el eco de falla	12
1.8. Tablas de cálculos	12
1.9. Límites de desgaste	12
1.10. Correcciones matemáticas	13
1.11. Alteración del valor de "L"	13
1.12. Tablas de cálculos para correcciones	13

E - CONTROL CON PALPADORES ANGULARES DE ANGULOS VARIOS

1. Palpadores angulares diferentes de 37°	13
1.1. Calibración del instrumento	14
1.2. Procedimiento de control	14
1.3. Cálculos para predeterminaciones	15
a) Cálculo previo del camino al lugar de aparición del eco de falla	15
b) Cálculo de la línea de la pantalla donde aparecerá el eco de falla	15
1.4. Desplazamiento del palpador angular	15
1.5. Límites de desgaste	15
1.6. Alteración del valor de "L"	15

CONTROL DE EJES CON COJINETES
DESLIZANTES DE COCHES Y VAGONES POR ULTRASONIDO

A - INSTRUCCIÓN GENERAL

1.- ALCANCE DE LA PRESENTE INSTRUCCIÓN Y PROCEDIMIENTO EMPLEADO

1.1. *Motivos de la revisión*

La posibilidad que un eje en servicio se encuentre debilitado por la presencia de grietas y fisuras en zonas críticas, obliga a someterlos a revisiones a fin de eliminar aquellos fallados, antes que los mismos produzcan accidentes.

La revisión y decisiones que de ello se derivan están supervisadas por el "Comité de Ensayos No Destructivos".

1.2. *Alcance de la revisión*

La revisión se efectuará en forma progresiva y abarcará todo el parque de ejes que giran con cojinetes deslizantes de vagones, coches y locomotoras, y en todas las trochas en uso.

Los ejes se controlarán bajo vagón en los Centros de Material Remolcado y en los Talleres en forma de pares montados, como así también ejes nuevos sin uso y desmontados.

Aprovechando la organización existente, la revisión se extenderá además, cuando sea ello necesario y posible, a la parte metrológica en lo que hace a la verificación de las zonas expuestas a desgaste y sus valores mínimos de condenación, a fin de asegurar la efectividad del análisis ultrasónico, evitándose otros causales de accidentes.

1.3. *Procedimientos empleados*

1.3.1. En las zonas expuestas a desgaste, para el control metrológico, se procederán a verificar determinadas dimensiones en los gorriones y sobre los valores anotados, por su comparación con los planos y normas respectivas, se resolverá sobre su continuación o no en servicio.

1.3.2. Para la revisión de los ejes en lo que hace a la detección de grietas y fisuras, se empleará el control ultrasónico por el sistema denominado de "impulso-eco".

2.- EJES EN SERVICIO

Los ejes que podrán encontrarse durante las revisiones corresponden a los tipos indicados en los planos siguientes según las líneas:

<u>BELGRANO</u>	<u>ROCA</u>	<u>SAN MARTIN</u>	<u>URQUIZA</u>	<u>MITRE</u>	<u>SARMIENTO</u>
3355 L..P.	E.C.1	W.4801	19 E.13 N° 111	NEFA 154	E.C.2
3356 L.P.	E.C.4	ABGS 122	19 E.13 N° 127	C.W. 14394	E.C.12
3358 L.P.	E,C,10103	B.S. 2350	19 E.13 N° 128	W 14332	E.C.204
4014 S.F.	NEFA 880	ABGS 193		W. 14396	E.C.214
5229 C.E.	C.V.425	28741		C. 14395	
5235 C.E.	ABGS 194	28742		NEFA 157	
5237	NEFA 193	27954		NEFA 162	
19329 T.V,	NEFA 122	ABGS 194		XF 1-6500-88	
19330 T.V.	16450	28743		XF 1-6500-89	
19331 T.V.				XF 1-6500-90	
19332 T.V.					
19333 T.V.					
19334 T.V,					
19335 T.V,					
1293 L.P.					
1246					
3357 L.P.					
6605 T.V.					

3. DETALLES DE LA REVISION, DECISIONES Y MARCACION

3.1. Los procedimientos referidos al presente punto, a aplicarse a cada eje en forma individual, se ha resumido en la forma siguiente:

Guía N° 1: Inspección visual y verificación de medidas.

Guía N° 2: Controles ultrasónicos.

Guía N° 3: Marcaciones

GUIA N° 1

OPERACION	DECISION POSIBLE	MARCACION EN EL EJE
"A" Inspección visual y detección de recalentado	Eliminar	Dañar al gorrón afectado inutilizando el eje en forma permanente y con pintura roja escribir: "RADIACION"
"B" Identificación de la forma del eje	Se admiten todos los tipos inclusive los afectados al "servicio interno" previo control ultrasónico.	—
"C" Verificación de tolerancias en el gorrón	Aprobar o eliminar todos los ejes fuera de tolerancias sin controles posteriores.	Si se elimina proceder según el caso "A"
"D" Inspección visual y detección de rayaduras	Maquinar hasta eliminar las rayaduras y luego proceder según "C".	—

GUIA N° 2

OPERACION	DECISION POSIBLE	MARCACION EN EL EJE
"A" Control con palpador normal	"A ₁ " Ejes aptos para el servicio	Colocación de fleje de aluminio.
	"A ₂ " Ejes con defectos por los que deben ser dados de baja	Dañar al gorrón afectado inutilizando al eje en forma permanente y con pintura roja escribir: "RADIACION"
	"A ₃ " Ejes con resultados dudosos, que se enviarán al "Centro Piloto" para verificaciones posteriores	Con pintura blanca entre centros escribir: "CENTRO PILOTO"
"B" Control con palpadores angulares de 37°, 45° y 54° según el tipo de eje	"B ₁ " Se procederá de acuerdo con "A ₁ " y "A ₂ "	—

3.1.1. Opciones

El procedimiento indicado en la Guía N° 2 se basa en las posibilidades operativas que las líneas presentan en la actualidad. Así, en los "Centros de Revisión" sólo es posible circunscribirse al caso "A". En el caso de tratarse de Talleres, es posible extender los controles al caso "B", dejándose expresa constancia que cada línea queda facultada a adoptar o no esa extensión, según su experiencia, necesidades y posibilidades.

Tratándose de plantas de torneado automático o semiautomático, los controles con palpadores normales y angulares se ejecutarán en su totalidad, aprovechando las posibilidades que este tipo de instalaciones brinda ya que ello permite la elevación del grado de seguridad respecto de los métodos manuales.

3.1.2. Marcaciones

Dos son las marcaciones que permiten visualizar que los ejes han sido controlados ultrasónicamente. La primera de ellas se ejecuta con un fleje de aluminio colocado "a caballo", sobre el mismo eje en su parte central. La segunda se efectúa en una parrilla pintada en el vehículo bajo el cual se encuentran los ejes controlados, y la razón de la misma reside en la dificultad de leer las marcaciones del fleje de aluminio, debido a las características particulares que cada línea o parte de ella puede presentar. No es esta segunda marcación sustitutiva de la primera, sino complementaria, lo que facilita la individualización de los ejes en cuestión.

GUIA N° 3

MARCACION	SIGNIFICADO	APLICACION
Fleje de aluminio de 1 a 2 mm de espesor y 30 a 40 mm de ancho unido con un roblón de aluminio	Eje apto para el servicio verificado por medidas y ultrasónicamente	
Planilla pintada tipo Plano MTE 0839 Belgrano color blanco	Determinación de la fecha de vencimiento Revisión Periódica (visualización Mejorada)	

3.1.3. Ejes fisurados

Los ejes fisurados o que se presume que lo están, serán enviados al Centro Piloto en todos los casos. Allí será desmontado y aún podrá ser sometido a ensayos magnetoscópicos, además de los necesarios ultrasónicos. Una vez verificada la existencia de defectos que los inutilizan, los mismos serán dañados en forma irrecuperable. Se reitera que este procedimiento sólo se llevará a cabo en el "Centro Piloto".

3.1.4. Ejes sin numeración

A veces, durante las revisiones es posible encontrar ejes sin numeración. En esos casos, se acuñará un número igual que el que llevó otro eje y que fue dado de baja por causas distintas a fisuras o rotura, lo que se asentará en el registro correspondiente.

B - DETALLES DEL CONTROL

1.- GENERALIDADES

La forma de un eje está dada por los planos citados en A.2, y en base a los mismos, a parte del palpador normal, de ser ello necesario, se seleccionará aquel angular que permita explorar las zonas en estudio, con toda la seguridad, que este tipo de tareas exige.

2.- ZONAS DE CONTROL ULTRASONICO

De acuerdo con las experiencias acumuladas al presente, cada eje debe ser revisado, para la detección de fisuras transversales, que pueden poner en peligro su seguridad, y que con mayor frecuencia estadística suelen presentarse en los muñones, y en los asientos de ruedas y en menor grado, en la parte central, entre asientos de ruedas.

La frecuencia de estos controles será fijada por cada línea, teniendo en cuenta las exigencias específicas a que está sometido su material rodante. A título informativo, como factores que influyen marcadamente en la determinación de la periodicidad de los controles ultrasónicos, se citan, entre otros: grado de hermeticidad de las cajas graseras, estado de la vía, posicionado de la carga, calidad del aceite lubricante y estado de la suspensión de los vehículos..

3.- PARAGOLPES A EMPLEAR

Por ordenamiento lógico, la secuencia del palpado será la siguiente:

1° - Con palpador normal.

2° - Con palpador(es) angular(es).

3.1. Palpador normal

Se utilizará posicionándolo en ambos extremos del eje consecutivamente, lo más cercanamente posible al centro de torno, pero sin tapanlo, aún en parte. El palpador normal deberá ser empleado en un rango que abarque el largo total del eje, a fin de poder determinar eventuales fallas en toda su longitud. Es el único susceptible de ser empleado en los "Centros de Revisión". Ver Figura B.1

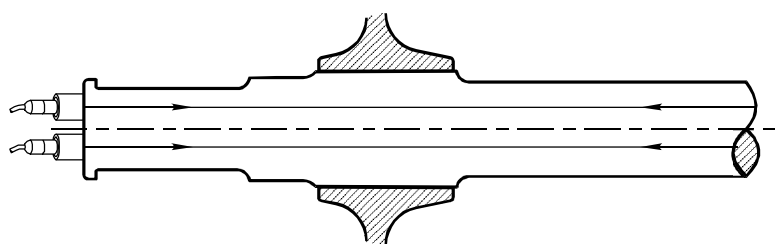


FIGURA B.1

3.2. Palpador(es) angular(es)

Su(s) uso(s) se debe(n) a las posibilidades que no brinda el palpador normal, como ser el estudio de zonas inmediatas debajo del asiento de ruedas, detrás de los radios de transición, etc. Por sus características operativas sólo se puede(n) emplear(los) en ejes desmontados o pares, esto es, en Talleres o Centros Piloto. Ver Figura B.2 a-b

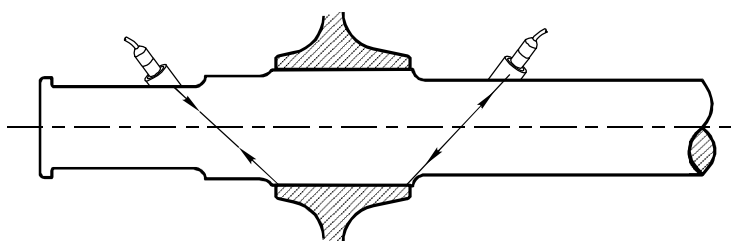


FIGURA B.2 (a)

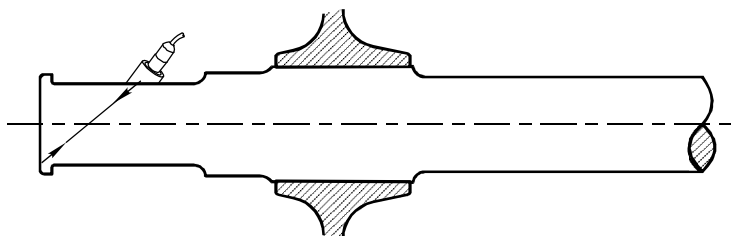


FIGURA B.2 (b)

4.- PREPARACION DE LOS EJES A SER CONTROLADOS

A los efectos de permitir un correcto acople ultrasónico y evitar de este modo señales y ecos espúreos, es necesario que las zonas sobre las que se aplican los palpadores presenten el grado de limpieza necesario.

4.1. Limpiadores

Los gorriones, y de ser necesario las zonas aledañas de los asientos de ruedas, en la parte inferior de los ejes, se limpiarán con kerosene o gasoil.

Si dichas zonas lo requiriesen, se pulirán con tela esmeril, eliminándose rugosidades, óxidos, pintura, rebabas de torno, marcas de golpes y de cuños de números.

4.2. Acoplantes

Una vez limpias las zonas sobre las que se deslizarán los palpadores, las mismas serán recubiertas con aceite viscoso y limpio, o grasa vaselinada o cualquier otro acoplante que sin alterar las superficies sobre las que es aplicado, asegurando un correcto acople ultrasónico.

5.- CALIBRACION DEL APARATO Y PALPADORES

No obstante lo indicado en otras instrucciones en las que se citan varios tipos de bloques patrón a utilizarse en verificaciones de distinto objeto, en la presente sólo se utilizará y a él se hará referencia específicamente, a la Figura N° 4 de la Instrucción N.D.1

Este elemento es el único que permite, además de la calibración del aparato emisor de ultrasonidos y de la verificación de los palpadores angulares, la de los **angulares pero de asiento cilíndrico**.

6.- CALIBRACION DEL APARATO PARA SU USO CON PALPADOR NORMAL

Esta calibración tiene por objeto la ubicación de grandes fallas transversales que pueden aparecer en cualquier cota del eje. Para ello se posicionan los controles en el rango 2,5 m correspondiente al ancho total de la pantalla, sin auxilio de ningún bloque de calibración, al que sólo se recurrirá para una calibración exacta en el caso de detectarse señales de fallas.

7.- CALIBRACION DEL APARATO PARA SU USO CON PALPADOR ANGULAR DE ASIENTO CILINDRICO

Las fallas que no son detectables con el método de B6 o las que detectadas con el mismo deben ser estudiadas más en detalle necesitan el empleo de palpadores angulares por lo cual el aparato debe ser sometido a una nueva calibración. Esta calibración es de tipo indirecto pues para llevarla a cabo es necesario el empleo de un palpador auxiliar de tipo normal y está referida específicamente al palpador de 37° que es de más difusión por las posibilidades que brinda como ser mayor resolución por menor pérdida de energía por dispersión.

7.1. Calibración

Se coloca sobre el bloque patrón, en una de las caras separado de su paralela de 91 mm, al palpador normal. Esta distancia en camino ultrasónico que para ondas longitudinales es de 91 mm, para las transversales equivale a 50 mm.

Seleccionando el rango del instrumento (o profundidad del campo) en 250 mm, se obran sobre los controles y así se ubican sobre cada división un eco sucesivo. Posteriormente todos ellos serán desplazados hacia la izquierda en el valor de una línea, equivalente a 50 mm, desapareciendo el pulso de emisión y apareciendo el sector eco sucesivo, con lo que las posibilidades de control son las comprendidas entre 50 y 300 mm. Hecho lo cual se reemplaza el palpador normal por el correspondiente angular sin tocar la calibración del aparato, con lo que pueden comenzarse las tareas de control ultrasónico. Ver Figuras B.3 a, b,c.

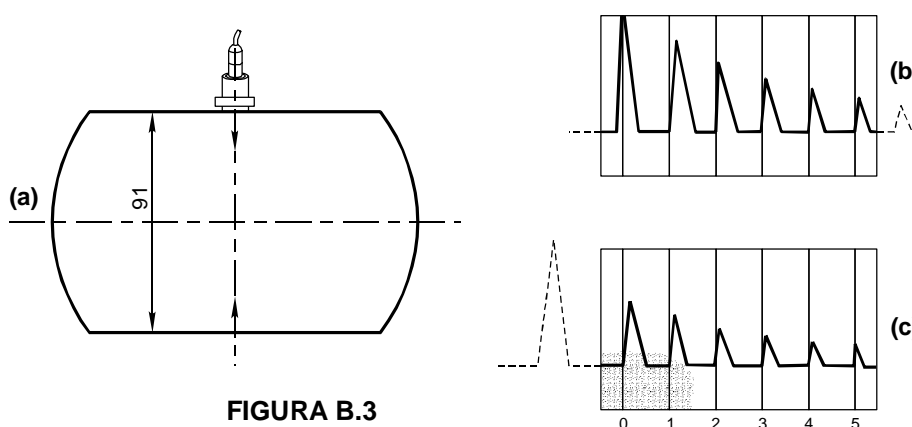


FIGURA B.3

7.2. Verificación del ángulo de emisión de los palpadores angulares

Por efectos del uso, la zapata de plexiglás (metacrilato de metilo), que da el ángulo de inclinación al

haz ultrasónico para su introducción a la pieza en estudio, sufre desgastes que pueden llegar, de no ser tenidos en cuenta, a alterar el valor de las observaciones efectuadas.

Para el control del ángulo de incidencia real se aplica el palpador sobre la parte curva del bloque patrón, sobre las marcas de referencia. Con suaves pero seguros movimientos de vaivén y rotación se busca en la pantalla la máxima altura de eco proveniente del canto.

En ese punto, la amplificación del aparato debe ser llevada a tal valor que el eco no sobresalga de la altura de la pantalla. Si, por ejemplo, el ángulo de incidencia es exactamente de 37° , con el eco en su valor más alto, las marcas rojas del palpador deben caer exactamente sobre la subyacente del bloque en el valor 37° . Si el ángulo de incidencia ha variado como consecuencia del desgaste de la cuña de plexiglás, la mayor altura se alcanzará a una distancia distinta de la superficie frontal sobre la que se está irradiando. El valor del nuevo ángulo de incidencia se determina por la posición que las marcas rojas del palpador indican en las grabaciones del bloque de calibración.

8.- DETERMINACION DE LA UBICACIÓN TOPOGRAFICA DE LAS FALLAS

En el caso del empleo del palpador normal la determinación de la distancia que separa a éste de la falla es inmediata, por lectura directa en el tubo de rayos catódicos. No es necesario efectuar otra clase de consideraciones sobre este tipo de verificaciones.

Diferente es el caso cuando se utilizan palpadores donde se hace necesario la determinación de la ubicación de la distancia que se denomina "a". Ese valor de "a" corresponde al valor medido paralelamente a las generatrices del eje entre las marcas rojas de introducción del haz ultrasónico y el nacimiento o raíz de la falla. La determinación se efectúa en forma indirecta a través de los cálculos correspondientes.

C - CONTROL CON PALPADOR NORMAL

1.- ANTECEDENTES

En líneas generales puede decirse que el palpador indicado en la Figura C.1 responde a un diseño que satisface las necesidades más variadas en este tipo de tareas.

Las características particulares del mismo como ser: diámetro, tipo del cristal piezoeléctrico, frecuencia, etc., serán determinadas por las exigencias a cumplir en cada tipo de eje.

En los palpadores con protección del cristal piezoeléctrico debe tenerse especial cuidado para que ni ésta, esté perforada, ni debajo de la misma queden aprisionadas burbujas de aire. De hallarse este último tipo de inconveniente, el palpador deberá ser purgado, rellenándose posteriormente con aceite mineral tipo S.A.E. 20 W 40 o similar.

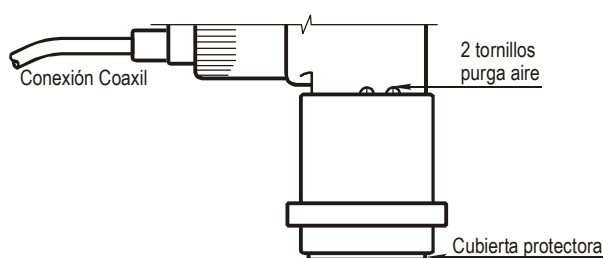


FIGURA C.1

1.1. Método de control

Se posiciona el palpador en uno de los extremos del eje con el acoplante adecuado, previa colocación

del rango de campo en 2,5 metros sin mayor calibración. Luego se moverá circunferencialmente al palpador alrededor del centro de torno, tan cerca como ello sea posible, pero cuidando de no taparlo ni aún en parte.

Si el pulso de emisión se halla en la línea cero de la pantalla, el eco de fondo se produce cerca del valor 4,9 para ejes de trocha ancha, debiéndose corregir ese valor proporcionalmente para las otras trochas. Ese eco de fondo se regulará hasta alcanzar la máxima altura de la pantalla.

Es muy importante, a fin de no confundirlos con aquellos provenientes de fallas, a los ecos que pueden aparecer en:

- a) proximidades de la línea 1 originados en las mazas de las ruedas,
- b) el espacio que media entre las líneas 4 y 4,9 debidos a las reducciones de sección del eje.

En el caso de obtenerse ecos posicionados entre los de impulso y de fondo, teniendo además presentes los casos a) y b) arriba citados, que hagan presumir acerca de la presencia de fallas, se procederá a:

- c) la exacta calibración de la profundidad de campo de exploración.
- d) repetir el examen desde el otro extremo del eje a fin de precisar la exacta ubicación de la falla y por ende confirmar su existencia.

Las conclusiones y decisiones a tomar están indicadas en A..3 Guía N° 2.

D - CONTROL DE PALPADORES ANGULARES DE 37°

1.- ANTECEDENTES

Los palpadores angulares utilizados en el control de ejes tienen la particularidad que su asiento, que es de plexiglás, sea cilíndrico, por lo general de un radio de unos 5 mm mayor que el del sector sobre el que se apoya. El de más extensa gama de aplicaciones es el de 37°, aunque también es posible encontrarlo con inclinaciones de 45°, 54° y 60°. Su diseño responde al dado en la Figura D.1

Por la razón expuesta todo lo citado en el presente cuadernillo se refiere exclusivamente al palpador de 37°.

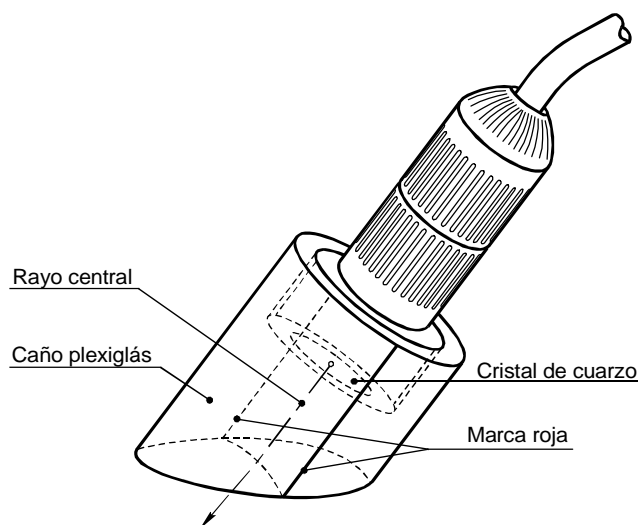


FIGURA D.1

1.1. Método de control

El palpador deberá ser guiado en forma tal que explorará con seguridad absoluta todas las zonas en las cuales existan peligros de fisuras. En base a ello, dos son las magnitudes de fundamental importancia que deben ser determinados y en las que se resuman los resultados de los controles, siendo las mismas:

- a) distancia medida paralelamente a las generatrices del eje entre las marcas de introducción del haz central ultrasónico y el nacimiento de la falla.
- b) línea del tubo de rayos catódicos en la que aparece la señal de falla.

Según la Figura D.2 se indican las dos posibilidades que pueden presentarse en la práctica: que la falla se halle ubicada sobre un diámetro igual a aquel sobre el que está el palpador, o que ambos diámetros sean diferentes.

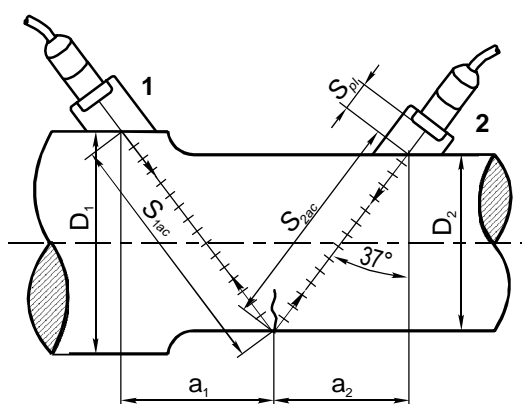


FIGURA D.2 (a)

$$D_M = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$S_{1ac} = \frac{5}{4} D_M$$

$$S_{2ac} = \frac{5}{4} D_2$$

$$S_{pl} = 25 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{3}{4} D_M$$

$$a_2 = \frac{3}{4} D_2$$

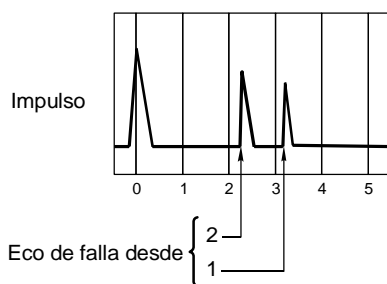
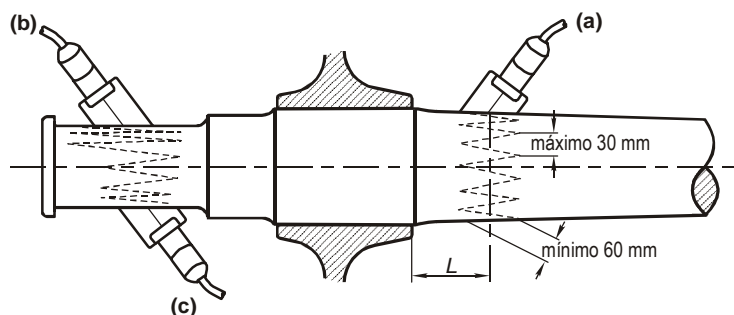


FIGURA D.2 (b)

El palpador será guiado en forma zigzagueante alrededor del eje en la forma indicada en la Figura D.3.

El operador deberá tener la suficiente seguridad en el desplazamiento del palpador como para poner toda la atención en la pantalla del tubo de rayos catódicos. Periódicamente controlará el acoplamiento ultrasónico a fin de asegurar que no hayan aparecido burbujas de aire.

En el caso de detectarse ecos de fallas, se tratará de determinar su magnitud y posteriormente la extensión total de la misma será encerrada con pintura roja. Las conclusiones y decisiones a tomar están indicadas en A.3 Guía N° 2.



- (a) Exploración bajo asiento maza rueda desde lado interior
 (b) Exploración bajo asiento maza rueda desde lado gorrón
 (c) Explotación extremo gorrón

FIGURA D.3

1.2. Regulación de la sensibilidad del aparato

No se puede dar, en la presente instrucción, un valor exacto de la sensibilidad del aparato, para todas las operaciones de control, ya que ésta depende de varios factores, entre otros, acoplamiento, permeabilidad del material en estudio, estado del circuito electrónico, etc.

No obstante lo citado es posible establecer una sensibilidad llamada de referencia la que se determinará del siguiente modo: colocándose al palpador angular emitiendo hacia afuera, se buscará el máximo eco proveniente del radio de transición más alejado sea lo más alto posible y luego obrando sobre los controles, los mismos se regularán de tal manera que dicho eco alcance el borde superior de la pantalla. Ver Figura D.3.

También puede emplearse el Bloque Patrón N° 4, apoyando al palpador sobre la parte curva hasta obtener la máxima altura del eco y con los controles se variará dicha altura hasta que la misma sobrepase no más de 5 mm el borde superior de la pantalla.

1.3. Formas características de ecos

Mientras los ecos originados en surcos de mecanizado y corrosiones son anchos y bajos, los debidos a fisuras son delgados, agudos y mucho mejor definidos. Al moverse el palpador en ambos sentidos de una misma recta de acción los ecos de fallas se desplazan horizontalmente a la vez que varían su altura. Además, las fisuras abarcan una apreciable sección circunferencial.

1.4. Interpretación de ecos de diferentes tipos

Durante las tareas de inspección ultrasónica en ejes con sus pares de ruedas montadas, pueden observarse en algunos casos, ecos que podrían interpretarse como provenientes de fallas, cuando en realidad son producto de factores ajenos a las mismas.

Dos son las partes que ocasionan perturbaciones durante las revisiones, a saber:

a - Zona del asiento de ruedas.

En ciertos ejes montados, aparecen en forma rápida e imprevista, abarcando una amplia zona sobre la "línea cero" una gran cantidad de picos. Según los valores de "a" y "L" deberían corresponder a una serie de fisuras pequeñas, espaciadas entre sí, de un centímetro aproximadamente. Estos ecos desaparecen una vez decaladas las ruedas, por lo que no denotan falla alguna sino que son un efecto de la deformación elástica producida por el apriete entre ruedas y ejes.

b - Zona adyacente al asiento de ruedas

En ciertos ejes en los acuerdos de transición, por detención de la herramienta de torno aparecen surcos relativamente bien definidos. Estos surcos pueden originar ecos muy parecidos a los de falla;

sin embargo el recorrido del haz ultrasónico es un poco más corto, por lo que la señal aparecerá algo antes que la calculada para una fisura en el eje en cuestión. De aquí se desprende el valor de los cálculos previos así como de la calibración del aparato.

1.5. Precauciones en el empleo de los palpadores angulares

Con el uso, la cuña del palpador que es de "plexiglás" sufre un desgaste que se traduce en variaciones del camino que el haz ultrasónico recorre. Por lo tanto, esa variación debe ser conocida a fin de lograrse una correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Por las motivaciones expuestas, **todos** los palpadores deben ser controlados **semanalmente** con los respectivos bloques calibradores. Al tratarse en forma particular cada ángulo de palpado, se darán las tolerancias admisibles del desgaste entre las cuales se admitirá la continuación en servicio del palpador en verificación.

1.6. Casos prácticos de aplicación

Durante las tareas normales de verificación dos son las posibilidades que pueden presentarse, a saber:

a - Empleo del palpador sobre un diámetro igual al que se verifica.

En el caso particular de hallarse explorando simultáneamente una zona de igual diámetro a aquella sobre la que se apoya el palpador, Figura N° D.2, la distancia "a" vale:

$$a = \frac{3}{4} \times D = D - \frac{1}{4} \times D$$

El valor puede ser calculado de acuerdo con esa fórmula en el único caso de emplearse un palpador de 37°.

Ejemplo 1:

Un eje de diámetro constante D = 160 mm debe ser controlado para la detección de fallas cerca de un asiento. Determinar el valor de "a".

De acuerdo con la fórmula, distancia óptima "a" se calcula así:

$$a = 160 - \left(\frac{1}{4} * 160 \right) = 160 - 40 = 120 \text{ mm}$$

b - Empleo del palpador sobre diámetros distintos al que se está verificando

Hallándose la falla y el palpador ubicados en lugares del eje en distintos valores de diámetro, Figura D.2 b, en lugar de usar el anterior valor de D, ahora se lo reemplaza por D_M o sea el promedio de los dos diámetros:

$$D_M = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

Con lo que: $a = \frac{3}{4} \times D_M = D_M - \frac{1}{4} \times D_M$

Ejemplo 2:

Un eje, con un diámetro de 200 mm en su asiento de rueda debe ser controlado en la misma desde la zona en la cual el diámetro es de 160 mm. Determinar el valor óptimo de "a".

El valor de D_M es $D_M = \frac{200 + 160}{2} = \frac{360}{2} = 180$

Luego $a = 180 - 180 \times \frac{1}{4} = 180 - 45 = 135 \text{ mm}$

1.7. Cálculos para predeterminacionesa - Cálculo previo del camino al lugar de aparición de ecos de fallas

Para predeterminar el lugar donde pueden aparecer ecos de fallas eventuales de máxima altura, en primer lugar se deberá calcular el camino que recorre el haz ultrasónico. Este camino es igual a la suma del tramo en el plexiglás ($S_{pl} = 30$ mm) y el de la pieza en estudio, que por tratarse de un palpador de 37° es $S_{ac} = \frac{5}{4} \times D$.

$$\text{Así se tendrá que: } S = S_{pl} + S_{ac} = 30 + \frac{5}{4}D = 30 + D + \frac{D}{4}$$

b - Cálculo de la línea de la pantalla donde aparecerá el eco de falla

Del recorrido "S" del haz ultrasónico puede deducirse la línea "L" del tubo de rayos ultrasónicos (pantalla), donde aparecerá el eco de falla según la fórmula:

$$L = \frac{2 \times S}{100} - 1 \text{ indicando "S" en milímetros}$$

Ver B.7.1 donde se indicó que la separación entre líneas enteras vale 50 mm y el campo está comprendido entre 50 y 300 mm.

Ejemplo 3:

En un eje de diámetro uniforme de 155 mm se espera hallar una fisura. En que línea deberá aparecer el eco de falla si para el examen se ha empleado un palpador de 37° :

$$S = 30 + D + \frac{D}{4} = 30 + 155 + \frac{155}{4} = 224 \text{ mm}$$

$$L = \frac{2 \times 224}{100} - 1 = 4,48 - 1 = 3,48 = 3,5$$

Ejemplo 4:

Un eje con asiento de rueda de 200 mm y con el palpador apoyado en un diámetro de 160 mm, en que línea deberá hacer acusar la falla con un palpador de 37° :

$$\text{Reemplazándose D por } D_M = \frac{200 + 160}{2} = 180 \text{ mm}$$

$$\text{con lo que } S = 30 + 180 + \frac{180}{4} = 255 \text{ mm}$$

$$\text{Luego } L = \frac{2 \times 255}{100} - 1 = 4,1$$

1.8. Tablas de cálculos

Los cálculos de "a" y "L" indicados en 1.7, pueden evitarse utilizando la tabla de cálculos para 37° consignada en el apéndice de esta ilustración.

1.9. Límites de desgaste

Los palpadores diseñados y construídos con un ángulo de 37° podrán usarse como de tal valor con una tolerancia de $0,5^\circ$, o sea entre $36,5^\circ$ y $37,5^\circ$. Para mayores variaciones en el ángulo pueden utilizarse aún, pero con la observancia de los nuevos valores de "a" y "L". Los palpadores cuyo ángulo alcance los 40° **no** deben emplearse y serán enviados a reparación.

1.10. Correcciones matemáticas

Las relaciones matemáticas generales a emplear son:

$$a = D \times \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

$$L = \frac{25}{100} - 1 \quad (2)$$

L : Línea donde aparecerá la falla

$$L : \frac{S}{U} - n_d$$

S : Camino que recorre el haz ultrasónico (acero + plexiglás)

U : Valor en milímetros de la separación entre líneas.

n_d : Desplazamiento hacia la izquierda del número de líneas

Luego en nuestro caso:

$$L = \frac{S}{U} \times \frac{2}{2} - n_d$$

reemplazando $L = \frac{S}{50} \times \frac{2}{2} - 1$

con lo que se obtiene $L = \frac{2 \times 5}{100} - 1 \quad (2)$

pero en (2) "S" que representa la suma $S_{pl} + S_{ac}$ ahora debe tenerse en cuenta que:

$$S_{ac} = D \times \frac{1}{\cos \alpha}$$

1.11. Alteración del valor de "L"

Con el aumento del ángulo " α " de 37° a 40° (valor máximo aún para el caso de corrección), el camino acústico en el eje aumenta y podría determinarse ese nuevo valor. En la práctica, sin embargo, ese aumento está compensado por la reducción del camino en el plexiglás. Por lo tanto, para la presente instrucción se prescinde de toda corrección, siempre que el valor del ángulo " α " no sobrepase los 40° .

1.12. Tablas de cálculo para correcciones

Para evitar el cálculo de las correcciones indicadas en 1.10, se han confeccionado tablas incorporadas al apéndice para "a", "L", " D_M ", y los ángulos de palpador además de 37° , para 38° , 39° y 40° . Se recomienda su uso permanente, eligiéndose en cada caso el valor que más se acerca al palpador en uso.

E - CONTROL CON PALPADORES ANGULARES DE ANGULOS VARIOS

1.- PALPADORES ANGULARES DIFERENTES DE 37°

En ciertos casos, por razones del diseño que presentan algunos tipos de ejes, no es posible su verificación con palpadores angulares de 37° . Por ello se recurre al empleo de otros, de más inclinación, como ser

45°, 54°, 60° o más para trabajar con el método de reflexión, según se indica en la Figura D.3.

Es necesario recalcar que deben observarse, durante la selección del palpador angular, las siguientes indicaciones:

- a) La inclinación será la mínima que permita el cumplimiento de la verificación en forma satisfactoria.
- b) El número de reflexiones deberá reducirse imprescindiblemente al mínimo.

1.1. Calibración del instrumento

La calibración se hará en forma indirecta, utilizando el Bloque Patrón N° 4, sobre el cual en el lado plano se apoyará un palpador normal y desde la cara paralela se recibirán los sucesivos ecos de fondo, hasta que los mismos en número de 10, uno en cada línea y media línea, aparezcan en el tubo de rayos catódicos. Ver Figura E.1 a-b-c.

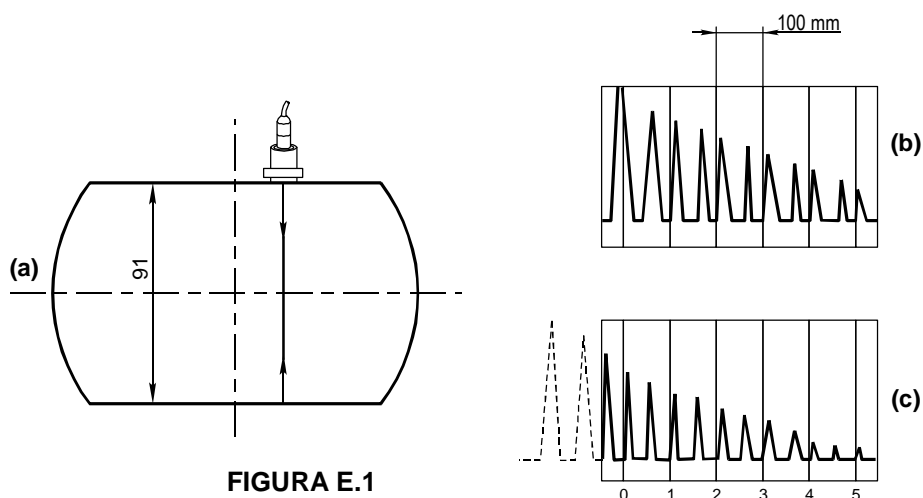


FIGURA E.1

Los ecos múltiples serán posteriormente desplazados de una línea entera hacia la izquierda con lo que el rango de control, ahora, abarcará un campo **entre** 100 y 600 mm.

Luego el palpador normal será reemplazado por el angular, pudiéndose proceder entonces a dar comienzo a las tareas de verificación propiamente dichas.

1.2. Procedimiento de control

Análogamente a lo indicado en D.1.6, se deberá determinar la proyección horizontal del recorrido del haz ultrasónico que según la Figura E.2, vale:

$$2a = D_M \times \text{tg } \alpha$$

en la que
$$D_M = \frac{D_1 + D_2}{2} + D_2$$

luego
$$\left\{ \begin{array}{l} 2a = 1,00 D_M \quad \text{para } 45^\circ \\ 2a = 1,38 D_M \quad \text{para } 54^\circ \\ 2a = 1,73 D_M \quad \text{para } 60^\circ \end{array} \right.$$

Ejemplo 1:

Un eje debe controlarse con un palpador de 54°, el diámetro del gorrón es de 110 mm y el de calaje 140 mm. Calcular la distancia 2a.

$$D_M = \frac{110 + 140}{2} + 140 = 265 \text{ mm}$$

$$2a = 1,38 \times 265 = 366 \text{ mm}$$

1.3. Cálculos para predeterminaciones

a - Cálculo previo del camino al lugar de aparición del eco de falla

$$S_{ac} = \frac{D_M}{\cos \alpha}$$

$$\text{luego } S_{ac} = \begin{cases} D_M = 1,43 & \text{para } 45^\circ \\ D_M = 1,70 & \text{para } 54^\circ \\ D_M = 2,0 & \text{para } 60^\circ \end{cases}$$

entonces $S = S_{ac} + 30 \text{ mm}$

b - Cálculo de la línea de la pantalla donde aparecerá el eco de falla

Se determina por la aplicación de la fórmula.

$$L : L = \frac{S}{U} - n_d$$

L : Línea donde aparece la falla

S : Camino que recorre el haz ultrasónico (acero + plexiglás)

U : valor en milímetros de la separación entre líneas

n_d : Desplazamiento hacia la izquierda del número de líneas.

Ejemplo 2:

El eje del Ejemplo 1 presenta una fisura en el asiento de la rueda en la parte exterior. Calcular la línea en que debe aparecer el eco de falla si se utiliza palpador de 54° y la calibración del instrumento es tal que la separación entre líneas es de 100 mm con un desplazamiento hacia la izquierda de una (1) línea, (campo entre 100 y 600 mm).

$$S = 1,7 D_M + 30 = 1,7 \times 265 + 30 = 481 \text{ mm}$$

$$L = \frac{S}{U} - n_d = \frac{481}{100} - 1 = 4,81 - 1 = 3,81$$

1.4. Desplazamiento del palpador angular

En este caso, a diferencia del correspondiente al palpador de 37° en que se trataba de "a", debe considerarse el valor "2a".

1.5. Límites de desgaste

Los palpadores diseñados para 45° , 54° y 60° , pueden usarse como tales siempre que su ángulo nominal no exceda la tolerancia de $\pm 0,5^\circ$.

1.6. Alteración del valor de "L"

Con el aumento del ángulo " α " de 45° hasta 47° , o de 54° hasta 56° y de 60° hasta 62° , respectivamente (valores máximos), los palpadores pueden seguir usándose, siempre que en el cálculo de "2a" y "L" se proceda a reemplazar en las fórmulas el valor real del ángulo;

$$2a = D_M \times \operatorname{tg} \alpha \quad \text{en la que} \quad D_M = \frac{D_1 + D_2}{2} + D_2$$

$$S = S_{ac} + S_{pl} = \frac{D_M}{\cos \alpha} + S_{pl}$$

$$L = \frac{2S}{100} - 1$$

