



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

**METALES NO FERROSOS - ALUMINIO Y SUS ALEACIONES -
ANODIZADO - ÍNDICE DE DESGASTE Y RESISTENCIA AL
DESGASTE MEDICIÓN CON APARATO DE PRUEBA A BASE
DE BOQUILLA ABRASIVA - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A
LA NMX-W-136-1985)**

**NON METALS FERROUS - ALUMINIUM AND ITS ALLOYS -
ANODIZE WEAR INDEX AND WEAR RESISTANCE
MEASUREMENT WITH AND ABRASIVE JET TEST APPARATUS
- TEST METHOD**

1 OBJETIVO

Esta norma mexicana establece el método de prueba para comparar la resistencia a la abrasión de recubrimientos de oxidación anódica en el aluminio y sus aleaciones con ayuda de una muestra estándar de referencia, determinando la velocidad a la cual un chorro de partículas abrasivas remueve o desgasta la superficie del área, en la cual el chorro es dirigido.

El método provee la forma de medir la resistencia total a la abrasión del recubrimiento anódico o su promedio específico de resistencia a la abrasión.

Las boquillas con un diseño adecuado para la abrasión e instrumentos de medición de espesores en una pequeña prueba, es posible llevar estudios profundos, los cuales indican como varía la resistencia a la abrasión a través del espesor del recubrimiento, pero esto normalmente se debe medir utilizando el método de prueba indicado en la norma mexicana NMX-W-135-SCFI (ver 3 Referencias).

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana es aplicable a todos los recubrimientos de oxidación anódica de espesores no menores de 5 μm sobre aluminio o sus aleaciones.

El área de prueba es de aproximadamente 2 mm de diámetro y las mediciones, se pueden hacer en muestras tan pequeñas como 10 mm x 10 mm tanto planas, cóncavas o convexas.

Los componentes de producción se pueden probar sin desensamblar si la cámara del aparato se diseña para acomodarlos.

3 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NMX-W-117-1982	Recubrimientos no conductivos sobre bases metálicas, no magnéticas - Medición del espesor de recubrimiento - Método de corrientes de Eddy. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de diciembre de 1982.
NMX-W-135-SCFI-2004	Metales no ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Anodizado - Índice de desgaste y resistencia al desgaste - Medición con aparato de prueba a base de una rueda abrasiva - Método de Prueba.

4 PRINCIPIO

Un chorro de partículas secas de carburo de silicio, se proyecta a un área pequeña de la superficie a probarse, introduciendo el polvo dentro de un flujo de aire seco o gas inerte, dirigido a la superficie bajo condiciones cuidadosamente controladas. Cuando el metal base queda expuesto, la resistencia a la abrasión del recubrimiento se indica, ya sea por el tiempo tomado o por peso del polvo de carburo de silicio requerido. La prueba es entonces repetida usando un panel estándar anodizado (véase 8 Preparación de la muestra estándar) o cualquier otro panel de referencia con el cual la muestra pueda ser comparada.

5 MATERIAL, APARATOS Y EQUIPO

5.1 El aparato de flujo abrasivo construido de vidrio, bronce o acero inoxidable o cualquier otro material duro (o una combinación de ellos).

5.1.1 Consiste esencialmente de 2 tubos soportados rígidamente en forma coaxial (uno dentro del otro). El tubo exterior se conecta a un flujo de aire comprimido, limpio y seco o un flujo de gas inerte, los cuales se pueden regular por medio de una válvula de control. El polvo seco abrasivo es suministrado por el interior del tubo y en el extremo inferior se mezcla con el flujo de aire, para formar el chorro abrasivo, el cual es dirigido a la muestra anodizada.

5.1.2 La muestra de prueba se soporta rígidamente en una plataforma inclinada, para que el ángulo entre a la muestra y el eje del chorro sea de 0,785 a 0,960 radianes (45° a 55°).

NOTA: El apéndice A2 describe un aparato donde el ángulo es 0,960 radianes (55°) y el apéndice A3, describe un aparato de diferente forma, donde el ángulos generalmente 0,785 radianes (45°). El ángulo más grande produce una abrasión más rápida, una superficie menos elíptica y un vértice más agudo.

5.1.3 El suministro de aire o gas para el tubo exterior, viene de un compresor o cilindro de gas y se controla cuidadosamente por una válvula reguladora y un medidor de flujo o manómetro localizado cerca del aparato. El aire o gas usado debe estar seco o tener una constante baja de humedad. El aire comprimido pasa a través de un tanque de reserva donde el vapor de agua condensado es colectado, pudiendo tener una humedad relativamente constante, lo que será satisfactorio. Si hay cualquier duda en este punto, el gas debe ser pasado a través de sílica gel seca para remover los vapores de agua.

5.1.4 El polvo seco abrasivo es suministrado a través de una tolva diseñada especialmente a un flujo de 20 g/min a 30 g/min, el cual es controlado a una exactitud de ± 1 g/min del valor seleccionado.

- 5.1.5 No hay restricción en el diseño del aparato de flujo abrasivo, excepto que debe dar resultados iguales en pruebas sucesivas y que permitan hacer mediciones razonables seguras.

Un número de diseños satisfactorios del aparato de flujo abrasivo se han construido, pero ha sido difícil en la práctica fabricarlos en serie que den resultados idénticos, o que no estén sujetas a variaciones por alguna razón. Los diseños recomendados que han sido satisfactorios están dados en el Apéndice A. Las instrucciones de los fabricantes deben ser seguidos cuidadosamente.

- 5.1.6 Ya que los diferentes aparatos de chorro abrasivo varían, es necesario corregir cualquier medición por medio de un factor de flujo abrasivo determinado en una prueba por separado, utilizando el panel anodizado estándar (véase 8 Preparación de la muestra estándar).

Como alternativa, cuando el aparato se está usando solamente para comparar la resistencia a la abrasión con una muestra de referencia, los resultados pueden ser expresados como una relación entre las dos pruebas (véase inciso 10.2).

6 MEDIO ABRASIVO

El medio abrasivo debe ser polvo de carburo de silicio en un grado recomendado para el aparato utilizado (en el caso de aparatos comerciales el polvo abrasivo los surte el fabricante). Grados de polvo abrasivo adecuados, son aquellos conocidos comercialmente como grado 100 y 150.

El polvo debe estar libre de humedad y antes de usarse debe ser secado en una charola poco profunda a 378 K (105°C), y pasarse a través de una malla ancha a 170 μ ó 295 μ , para asegurar que esté libre de partículas grandes o fibras que puedan interferir con el flujo abrasivo.

El polvo seco se puede guardar en un frasco cerrado y puede volver a usarse hasta 50 veces, pero después de cada uso debe secarse y pasarse a través de la malla antes de ser usado nuevamente.

7 FLUJO O PRESIÓN DE AIRE

El flujo de aire o gas debe ser ajustado para dar un rango de abrasión conveniente, tanto en las pruebas de los estándares de referencia, como las que se requieran.

El flujo requerido o la presión deben ser indicadas por el fabricante, pero puede ser necesario variarlos para el anodizado duro, o para recubrimientos suaves o muy delgados.

Se recomienda que una vez seleccionado el rango del flujo para cualquier aparato, debe de ser posible mantenerse durante toda la vida de ese aparato.

Los flujos típicos usados en la práctica son de 40 L a 70 L por minuto, con una presión de 15 kPa.

8 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA ESTÁNDAR

El panel estándar anodizado de prueba para propósitos de la prueba de abrasión, debe estar preparado de lámina de aluminio pulido o rolado brillante, observando cuidadosamente las siguientes condiciones:

Especificación del aluminio	1 050 A (99,5 % pureza)
Temple	H 4
Tamaño del panel nominal	140 mm x 70 mm
Espesor	1,0 mm a 1,6 mm
Pretratamiento	Desengrasado solamente (ligero decapado con sosa, electropulido o pulido químico es permitido)
Concentración con ácido sulfúrico	180 ± g/l
Contenido de aluminio	5 g/l a 10 g/l
Temperatura	293 K ± 0,1 K (20°C ± 0,1°C)
Densidad de corriente	1,5 a/dm ² ± 0,1 a/dm ²
Agitación	Aire comprimido
Tiempo de anodizado	45 min
Espesor de recubrimiento	20 m ± 2 m
Sellado	60 min en agua hirviendo desionizada, con 1 g/l de acetato de amonio agregado, y un pH de 5,5 a 6,5

Los paneles deben ser anodizados verticalmente con el eje más largo colocado horizontalmente en un baño de no menos de 10 L de capacidad, manteniendo agitación vigorosa, sobre las superficie anódica y usando corriente directa de no más de 5 % de fluctuación.

Los paneles estándar son más exactos de reproducir si se anodizan uno por uno, con cuidadoso control de todas las condiciones, pero en cualquier caso el número máximo anodizado a la vez deben ser 20 paneles y el volumen del tanque deben ser de no menor de 10 L por cada panel.

NOTA: Cuando se usa una muestra de referencia, deben ser de la misma aleación que la muestra a probarse y debe estar pretratada, anodizada y sellada exactamente en la misma forma que el panel de prueba estándar.

9 PROCEDIMIENTO

- 9.1 Medición de resistencia a la abrasión específica y total
 - 9.1.1 Asegurarse que el polvo de carburo de silicio esté seco y libre de partículas más gruesas o fibras (véase 6 Medio abrasivo). Si se utiliza desecante debe asegurarse que esté activo.
 - 9.1.2 Verificar y si es necesario ajustar la tolva para que el flujo de polvo abrasivo probado durante un período de 5 min sea constante a ± 1 g/min, y esté entre 20 g/min y 30 g/min.
 - 9.1.3 Seleccionar y marcar las áreas de la muestra a probar por abrasión. Medir el espesor de la capa anódica (T), en cada área de prueba por medio de un medidor de espesor de corriente Eddy (véase NMX-W-117).
 - 9.1.4 Colocar y asegurar la muestra en posición en el aparato de prueba con el área seleccionada, bajo el orificio de flujo abrasivo y en el ángulo correcto al eje del chorro.
 - 9.1.5 Llenar la tolva con suficiente polvo de carburo de silicio para la prueba. Si el peso del polvo abrasivo usado se está registrando, es más conveniente pesar la tolva con polvo abrasivo a una precisión de ± 1 g.
 - 9.1.6 Ajustar el flujo de aire o la presión, al valor especificado (o seleccionado), el cual debe mantenerse con precisión a través de la prueba o serie de pruebas (véase 7 Flujo o presión de aire).
 - 9.1.7 Empezar el flujo del abrasivo e iniciar el conteo.

Durante la prueba mantener el flujo de aire o la presión constante, ver que el polvo abrasivo fluya libremente y mantener el área de prueba bajo observación.

9.1.8 Cuando una pequeña mancha negra aparece en el centro del área de prueba y rápidamente se ensancha hasta 2 mm de diámetro, la prueba se termina deteniendo el flujo abrasivo, el flujo de aire y el reloj contador.

9.1.9 Registrar el tiempo en segundos para la prueba, o donde se requiera, determine el peso de polvo en gramos del carburo de silicio utilizado para penetrar el recubrimiento. La última se determina pesando la tolva y el residuo del abrasivo después de la prueba y restándolo del peso de la medición hecha en el inciso 8.1.5.

Esta es la medida de abrasión S_s , para la muestra bajo prueba en donde S_s es registrado en segundos o en gramos de polvo de carburo de silicio.

9.1.10 Cuando menos tres pruebas se deben hacer en cada muestra.

9.1.11 Tomar un panel anodizado estándar (véase 8 Preparación de la muestra estándar), o cualquier otra muestra de referencia y repetir los procedimientos de los incisos 9.1.3 a 9.1.10 usando condiciones idénticas.

Registrar la medida de abrasión S_s , en segundos o en gramos, y el correspondiente espesor de recubrimientos en el área de prueba T_s .

Tres medidas del panel estándar son suficientes para la prueba comparativa. En una serie de mediciones de prueba es suficiente repetir la medición del estándar una o dos veces diariamente.

9.2 Cálculo del factor de chorro abrasivo

El factor de chorro abrasivo se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$(K) \frac{S_s}{T_s} = 10$$

El factor del chorro abrasivo es:

$$K = \frac{10 \times T_s}{S_s}$$

El significado del factor de chorro abrasivo K, es tal que mide la resistencia a la abrasión de cualquier panel anodizado estándar producido bajo condiciones específicas (véase 8 Preparación de la muestra estándar), cuando se multiplica por K da 10. Esto es, el panel estándar es 10 s por metro ó 10 g por metro, el número viene siendo indiferente, ya sea cuando la medición se realice en segundos o en gramos. Cuando el factor ha sido determinado para un chorro abrasivo usado bajo condiciones especificadas, cada medida hecha con el chorro debe ser multiplicada por este factor. El factor debe ser determinado diariamente para tomar cualquier variación en el chorro o en el abrasivo.

10 RESULTADOS

10.1 Resistencia a la abrasión específica promedio

La resistencia a la abrasión específica promedio del recubrimiento en cualquier punto de la prueba, el cual es expresado con referencia al valor obtenido sobre un panel estándar y es dado por:

$$R = \frac{K.S}{T}$$

donde:

- R es la resistencia a la abrasión específica promedio;
- S es la medida de abrasión en el área de prueba (segundos o gramos);
- T es el espesor del recubrimiento en micrómetros en el área de prueba K = es el factor del chorro abrasivo = (10) Ts/Ss;
- K es el factor del chorro abrasivo = (10) T_s/S_s;

S_s es la medida de abrasión por el panel estándar (segundos o gramos), y
 T_s es el espesor del recubrimiento en micrómetros del panel estándar en el área probada

El valor anterior debe ser el promedio de no menos de tres determinaciones.

NOTA 1: Hablando estrictamente, la resistencia a la abrasión específica es una relación sin dimensiones.
El panel estándar ha sido asignado con un valor arbitrario de 10.

NOTA 2: El término resistencia a la abrasión específica promedio, implica que los recubrimientos anodizados pueden variar a través de su espesor y el valor medido es un promedio de todo el espesor.

NOTA 3: La composición de la aleación puede tener un efecto considerable en la resistencia a la abrasión.

10.2 Comparación con un panel de referencia

Si el aparato de flujo abrasivo está siendo usado para propósitos comparativos solamente con un panel de referencia acordado, entonces la resistencia a la abrasión específica promedio, debe ser expresada como un por ciento del valor obtenido para el panel de referencia.

$$\text{Valor relativo de la resistencia a la abrasión específica promedio} = \frac{S Tr}{T Sr} (100 \%) \text{ del panel de referencia}$$

donde:

S medición de abrasión en el área de prueba (segundos o gramos);
 T es el espesor del recubrimiento en micrómetros en el área de prueba;
 S_r es la medición de abrasión para el panel de referencia (segundos o gramos), y
 T_r es el espesor del recubrimiento en micrómetros del panel de referencia en el área de prueba.

El valor obtenido debe ser el promedio de no menos de tres determinaciones, tanto del panel de prueba como del panel de referencia.

11 BIBLIOGRAFÍA

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema general de unidades de medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- NMX-W-136-1985 Metales no ferrosos – Aluminio y sus aleaciones – anodizado – Índice de desgaste y resistencia al desgaste medición con aparato de prueba a base de boquilla abrasiva – Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo 1985.
- NMX-Z-013-1977 Guía para la estructuración, presentación y redacción de las normas mexicanas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977.
- ISO 376:1999 Metallic materials – Calibration of force-proving instruments use for the verification of uniaxial testing machines.

12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana es equivalente a la norma internacional ISO 376:1999.

APÉNDICES INFORMATIVOS

APÉNDICE INFORMATIVO A.- Aparatos

A1 Diseño del aparato de flujo abrasivo

No habrá ninguna restricción en el diseño del aparato de flujo abrasivo, siempre y cuando cumpla con los principios generales dados en el capítulo 5 material, aparatos y equipo.

Una variedad de diseños han sido usados para la prueba de abrasión de recubrimientos anódicos y éstos han variado considerando la abertura de salida, a la sensibilidad a pequeños cambios en las condiciones de operación, y a la tendencia de desgaste. Dos diseños que han sido satisfactorios en la práctica se recomiendan.

- A.2 La figura 1 muestra el diseño básico de un aparato de prueba, pero no del gabinete que cubre el aparato y la muestra a probarse. La figura 2 muestra la construcción de la boquilla de chorro abrasivo con mayor detalle.

Esto está construido de bronce y acero inoxidable y el diseño asegura un menor desgaste de la boquilla; en conjunto con una muestra a un ángulo de 0,960 radianes (55°), produce una abrasión muy rápida y en un punto fino *.

- A.3 La figura 3 muestra un diseño diferente de otro equipo, que también se ha usado satisfactoriamente. Los materiales de construcción son opcionales, pero se recomienda que el tubo exterior de 8,5 mm, sea hecho de vidrio y sea desmontable del cople metálico, como se indica, dado que el tubo interior está sujeto a desgaste con el consiguiente cambio de resultados y pérdida de fineza en el punto de prueba. También se recomienda que un tubo diferente de vidrio sea usado para cada flujo de aire. El ángulo de muestra es generalmente 0,785 radianes (45°), pero dentro de los términos de este estándar pueden ser de 0,785 radianes (45°) a 0,960 radianes (55°).

- A.4 Lotes diferentes de polvo de carburo de silicio pueden dar resultados diferentes, estos es la razón principal para que la prueba sea comparable.

Cualquier lote de polvo de carburo de silicio se mantiene consistente y da resultados similares a lo largo de muchas pruebas (más de 50), siempre que se mantenga seco y que el aire comprimido esté libre de humedad. La humedad ambiente tiene poco efecto en el resultado de la prueba, pero puede tener efecto considerable si el polvo se vuelve a usar sin secarlo.

* El diseño de esta boquilla se debe a T. Nakayama and S. Suga. Estos aparatos los fabrica Suga Test Instruments Co. 4-14, Shinjuku, Chome - 5, Shinjuku-Ku., Tokyo Japan, No hay derechos de diseño registrado.

** El diseño de la boquilla BS 1615:1972, y el aparato de prueba está fabricado por Elcometer Instruments Ltd., Edge Lane, Droylesden, Manchester., M35 6 BU, UK..

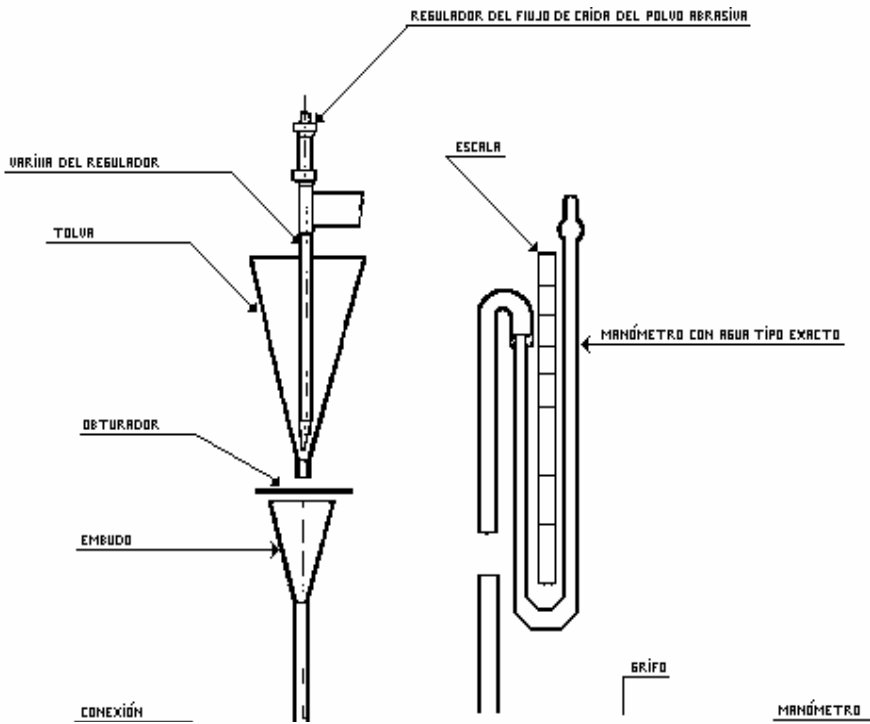


FIGURA 1.- Aparato de prueba a base boquilla abrasiva

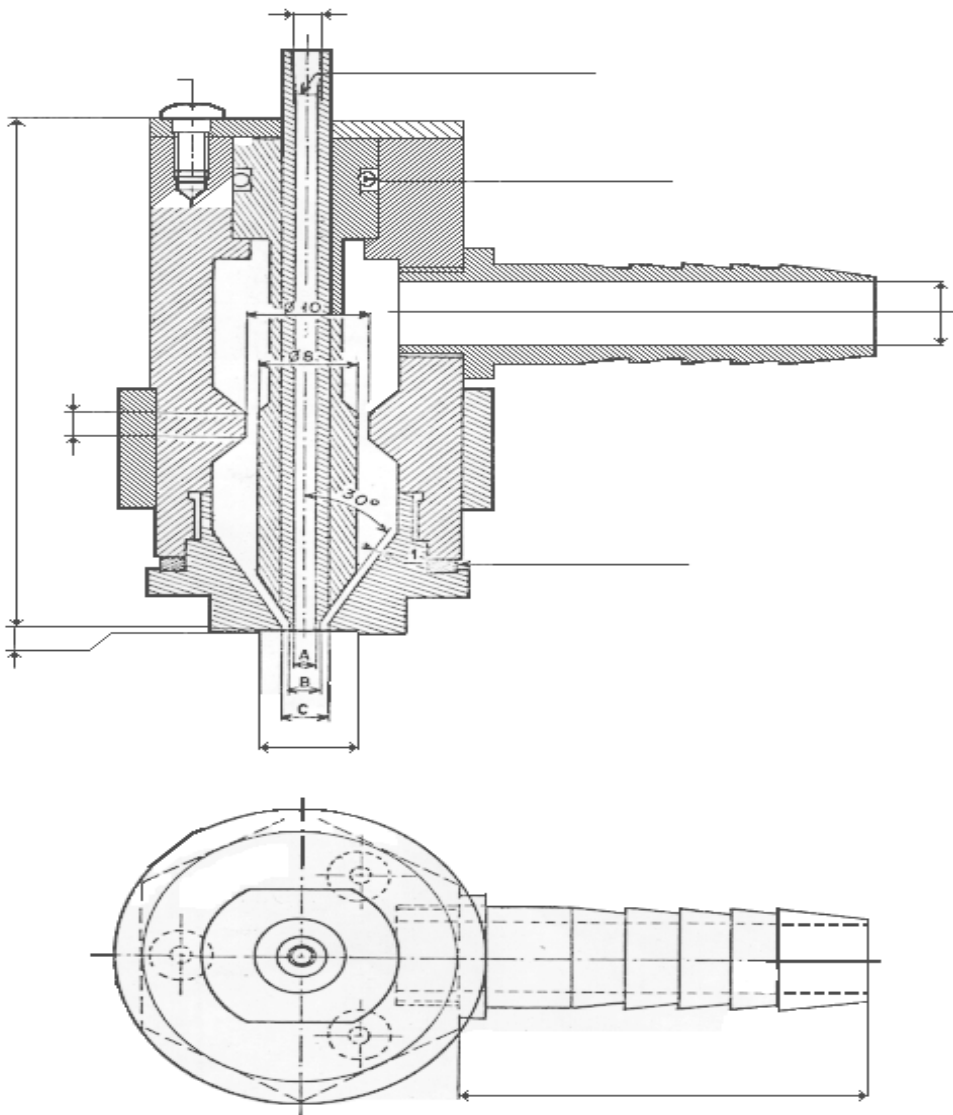


FIGURA 2.- Ejemplo de una boquilla para el flujo diseñado especialmente

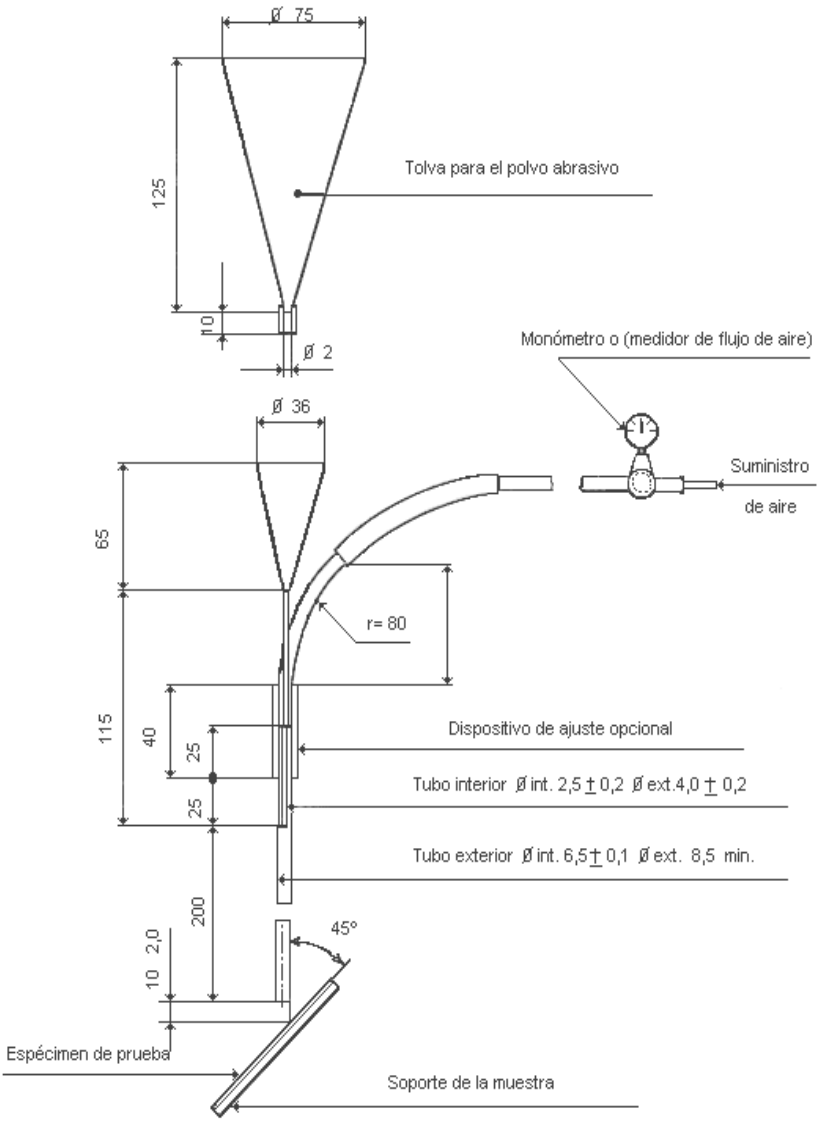


FIGURA 3.- Dimensiones del aparato de flujo abrasivo y tolva para el suministro

**APÉNDICE INFORMATIVO B ESTUDIO DE PROFUNDIDAD DE LA
RESISTENCIA A LA ABRASION**

B.1

La muestra no debe ser menor de 70mm x 70mm.

B.2

Marcar las posiciones de 6 a 12 lugares en la superficie. Estos deben estar separados por intervalos de 10mm, en la dirección horizontal y 20mm en la vertical.

B.3

Medir el espesor inicial en cada prueba con un medidor de corriente Eddy (NOM-W-117).

B.4

Preparar el aparato para usarlo como en 9.1.

B.5

Colocar las muestras bajo la boquilla en el ángulo correcto y desgastarla en intervalos de tiempo incrementados, el tiempo máximo debe ser el suficiente para penetrar el recubrimiento completamente. Una prueba preliminar indicará el tiempo máximo requerido y éste es entonces dividido en intervalos de acuerdo al número de lugares de prueba. En cada caso registrar los intervalos o el peso correspondiente de polvo de carburo de silicio en cada intervalo en gramos.

B.6

Quitar y limpiar la superficie de prueba con un paño suave y medir cuidadosamente el espesor mínimo remanente en cada lugar de la prueba con el medidor de corriente Eddy, el cual debe estar provisto de una muestra para prueba de diámetro menor de 1mm. La diferencia entre el espesor de la probeta después del desgaste y el valor inicial es registrado para cada lugar de prueba, como el espesor removido en micrómetros. Una prueba a bajo voltaje se puede usar para confirmar el espesor de recubrimiento de valor cero.

B.7

Una prueba por separado se lleva a cabo en un panel anodizado estándar (véase 8) para determinar el factor de chorro abrasivo (véase 9.1.11 y 9.2).

B.8

Cada medida de abrasión en gramos de carburo de silicio o en segundos, requeridos en el desgaste es multiplicado por el factor de chorro abrasivo K, para dar el correspondiente valor de abrasión en cada etapa.

B.9

Se dibuja una gráfica de valores de abrasión, contra el espesor de recubrimiento de óxido removido. Esta gráfica, es entonces un estudio de profundidad de resistencia a la abrasión, y la pendiente en cualquier punto de la resistencia específica de abrasión del recubrimiento de esa profundidad.

B.10

Este estándar no se aplica a espesores menores de 5 micrómetros (véase 2). La porción de la curva debajo de estos valores deberá extrapolarse de puntos únicamente arriba de ellos. La curva experimental en esta región tiende a mostrar un cambio de pendiente que no es correcta.

México D. F., a

**MIGUEL AGUILAR ROMO
DIRECTOR GENERAL**

RCG/DLR/MRG

NMX-W-136-SCFI-2004

**METALES NO FERROSOS - ALUMINIO Y SUS ALEACIONES -
ANODIZADO - ÍNDICE DE DESGASTE Y RESISTENCIA AL
DESGASTE MEDICIÓN CON APARATO DE PRUEBA A BASE
DE BOQUILLA ABRASIVA - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A
LA NMX-W-136-1985)**

**NON METALS FERROUS - ALUMINIUM AND ITS ALLOYS –
ANODIZE WEAR INDEX AND WEAR RESISTANCE
MEASUREMENT WITH AND ABRASIVE JET TEST APPARATUS
- TEST METHOD**

PREFACIO

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

- ALMEXA ALUMINIO, S. A. DE C. V.
- ALUMINIO Y DERIVADOS DE VERACRUZ, S. A. DE C. V.
- ALUMEX, S. A. DE C. V.
- ALCOMEX, S. A. DE C. V.
- ALUMINIO EXTRUIDO EXTRAL, S. A. DE C. V.
- ALUQUÍMICOS, S. A. DE C. V.
- ASOCIACIÓN DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A. C. (ANCE)
- ANODIZADO INDUSTRIAL Y ARTÍSTICO, S.A. DE C. V.
- CINVESTAV DE QUERÉTARO
- COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE NORMALIZACION DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES
- CUPRUM, S. A. DE C. V.
- INDALUM, S. A.
- INDUSTRIA MEXICANA DEL ALUMINIO, S. A DE C. V.
- INDUSTRIAL SANTA CLARA, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL ALUMINIO, A. C.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo		Página
1	Objetivo	1
2	Campo de aplicación	2
3	Referencias	2
4	Principio	2
5	Material, aparatos y equipo	3
6	Medio abrasivo	4
7	Flujo o presión de aire	4
8	Preparación de la muestra estándar	5
9	Procedimiento	6
10	Resultados	8
11	Bibliografía	10
12	Concordancia con normas internacionales	10
	Apéndices informativos	10
	Apéndice informativo A	10
	Apéndice informativo B	15