



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

PROYECTO DE NORMA MEXICANA

PROY-NMX-W-116-SCFI-2015

**ALUMINIO Y SUS ALEACIONES - DIVERSOS –
MEDICIÓN DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTOS –
MÉTODO MICROSCÓPICO
(CANCELARÁ A LA NMX-W-116-SCFI-2003)**

ALUMINUM AND ITS ALLOYS – VARIOUS – MEASUREMENT OF
COATING THICKNESS – MICROSCOPICAL METHOD



PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Mexicana, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ALLTUB MÉXICO S.A. DE C.V.
- ALMEXA ALUMINIO S.A. DE C.V.
- ALUMINICASTE FUNDICIÓN MÉXICO S.A. DE C.V.
- ANODIZADOS ESPECIALIZADOS S.A DE C.V.
- CINVESTAV - IPN UNIDAD QUERÉTARO
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES CTNNAA
- CUPRUM S.A. DE C.V.
- ELECTROACABADOS DE MÉXICO S.A. DE C.V.



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

PROY-NMX-116-SCFI-2015

- GRUPO VASCONIA S.A.B.
- INSTITUTO DEL ALUMINIO A. C.
- MARUBENI MÉXICO S.A. DE C.V.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ÍNDICE DE CONTENIDO

Número y nombre del capítulo		Página
1	Objetivo	1
2	Referencias	2
3	Términos y definiciones	2
4	Principio	2
5	Factores asociados con la incertidumbre de las mediciones	2
6	Preparación de las secciones transversales	6
7	Mediciones	6
8	Incertidumbre	6
9	Informe de la prueba	7
10	Concordancia con Normas Internacionales	7
	Apéndice A (Informativo) Método recomendado de preparación de las muestras.	8
	Apéndice B(Informativo) Curvatura de la sección transversal y medición de recubrimientos dentados.	11
	Apéndice C(Informativo) Algunos reactivos de ataque típicos para usarse a temperatura ambiente.	14
11	Bibliografía	16



PROYECTO DE NORMA MEXICANA

PROY-NMX-W-116-SCFI-2015

ALUMINIO Y SUS ALEACIONES - DIVERSOS – MEDICIÓN DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTOS – MÉTODO MICROSCÓPICO (CANCELARÁ A LA NMX-W-116-SCFI-2003)

ALUMINUM AND ITS ALLOYS – VARIOUS – MEASUREMENT OF
COATING THICKNESS – MICROSCOPICAL METHOD

1 OBJETIVO

Este proyecto de Norma Mexicana describe un método para la medición del espesor local de recubrimientos metálicos, capas de óxido, y recubrimientos esmaltados vítreos o porcelánicos, mediante la examinación microscópica de secciones transversales usando un microscopio óptico.

Advertencia.- el uso de este documento puede conllevar el uso de materiales, operaciones y equipo peligroso. Este documento no aborda ningún riesgo a la salud o asuntos relacionados a la seguridad asociados a su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de salud y seguridad y tomar las acciones adecuadas para cumplir con cualquier regulación nacional antes de su uso.

2 REFERENCIAS

Los siguientes documentos normativos vigentes o los que los sustituyan son indispensables para la aplicación de este Proyecto de Norma Mexicana:

2.1 ISO 2064:1996 *Metallic and other inorganic coatings — Definitions and conventions concerning the measurement of thickness*, (octubre de 1996).

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de este Proyecto de Norma Mexicana, los siguientes términos y definiciones son aplicables, además del punto 3.4 de la ISO 2064.

3.1 espesor local

El promedio de las mediciones del recubrimiento, de las cuales se realiza un número específico dentro de una sección de referencia.

4 PRINCIPIO

Una porción del espécimen de prueba es cortado y montado. La sección transversal montada es preparada usando las técnicas adecuadas de desbaste, pulido y ataque. El espesor del recubrimiento de la sección transversal es medido por medio de una escala calibrada.

Nota 1.- Estas técnicas serán familiares para el metalógrafo experto, pero para los operadores con menos experiencia ciertas guías se dan en el capítulo 5 y en el Apéndice A.

5 FACTORES RELACIONADOS CON LA INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES

5.1 Rugosidad de la superficie

Si el recubrimiento o el sustrato tienen una superficie rugosa, una o ambas interfaces presentes en la sección transversal pueden ser demasiado irregulares para permitir una medición precisa (véase A.5).

5.2 Filo de la sección transversal

Si el plano de la sección transversal no es perpendicular al plano del recubrimiento, el espesor medido será mayor que el espesor real; e.g., una inclinación de 10° con respecto a la perpendicular contribuirá con 1,5 % de error.

Nota 2.- B.1 (véase apéndice B) provee una guía sobre el ajuste del filo de la sección transversal.

5.3 Deformación del recubrimiento

La deformación perjudicial del recubrimiento puede ser causada por temperatura o presión excesiva durante el montaje y la preparación de las secciones transversales de los recubrimientos suaves o recubrimientos que funden a baja temperatura, y además por abrasión excesiva de materiales quebradizos durante la preparación de las secciones transversales.

5.4 Redondeo de los bordes del recubrimiento

Si el borde de la sección transversal recubierta está redondeado, e.g. si la sección transversal recubierta no es completamente plana hasta sus bordes, el espesor real no puede ser observado microscópicamente. El redondeo de los bordes puede ser causado por un inapropiado montaje, desbaste, pulido o ataque. Esto se minimiza usualmente por sobre enchapado del espécimen antes del montaje (véase A.2).

5.5 Sobre enchapado

El sobre enchapado del espécimen de prueba protege los bordes del recubrimiento durante la preparación de las secciones transversales y por ende previene las mediciones erróneas. La remoción del material de recubrimiento durante la preparación de la superficie para el sobre recubrimiento puede resultar en una menor medida del espesor del recubrimiento.

5.6 Ataque

El ataque óptimo produce una línea oscura delgada y claramente definida en la interface de los dos metales. El ataque excesivo produce una línea ancha o poco definida que puede resultar en mediciones erróneas.

5.7 Embadurnamiento

El pulido inapropiado o el sobre enchapado con un metal más suave pueden causar el embadurnamiento de un metal sobre el otro metal, obscureciendo la frontera entre el recubrimiento y el sustrato. Este problema puede ser aliviado repitiendo la preparación de la sección transversal del metal recubierto hasta que se obtenga repetibilidad en la medición del espesor del recubrimiento (véase A.3 y A.5) y además cubriendo o enchapando con un metal más duro.

5.8 Aumento

Para cualquier espesor de recubrimiento dado, la incertidumbre generalmente se incrementa reduciendo el aumento. El aumento debe ser elegido de tal forma que el campo de visión esté entre 1,5 X y 3 X del espesor del recubrimiento.

5.9 Calibración del micrómetro graduado tipo placa o portaobjeto

Cualquier error en la calibración del micrómetro graduado tipo placa se reflejará en la medición del espécimen. Los errores en varios porcentajes no son irreales a menos que la escala haya sido calibrada o certificada por el proveedor responsable. Un medio generalmente satisfactorio de calibración es asumir que la longitud fijada de la escala completa es correcta, medir cada subdivisión con un micrómetro filar, y calcular el largo de cada fracción por simple proporción.

5.10 Calibración del ocular del micrómetro

Un ocular de tipo micrómetro filar provee generalmente el medio más satisfactorio para hacer la medición del espécimen. La medición no será más precisa que la calibración del ocular. Como la calibración es dependiente del operador, el ocular debe ser calibrado por la persona que hará la medición.

Se puede esperar razonablemente que las calibraciones repetidas del ocular del micrómetro tengan una dispersión de menos del 1 %. La distancia entre las dos líneas del micrómetro graduado usado para la calibración debe ser conocida y estar dentro de un intervalo de 0,2 μm o 0,1 %, cualquiera que sea el mayor. Si un micrómetro graduado no está certificado en su precisión, este debe ser calibrado.

Nota 3.- La incertidumbre de la medición en algunos micrómetros graduados está certificada por el fabricante. Se ha encontrado que otros micrómetros graduados (placas) tienen una incertidumbre en la medición de 1 μm o 2 μm para una distancia medida de 2 mm y de 0,4 μm o más para distancias medidas de 0,1 mm y 0,01 mm.

Algunos portaobjetos con escala en micrómetros para la división en secciones de la imagen tienen no-linealidad que introduce un error de más del 1 % para distancias de medición cortas.

5.11 Alineación

Se pueden introducir errores por retroceso en el movimiento del portaobjetos con escala micrométrica. Para eliminar ese error, se debe asegurar que el movimiento final durante la alineación se haga siempre en la misma dirección.

5.12 Uniformidad de los aumentos

Debido a que pueden ocurrir errores si el aumento no es uniforme sobre el campo completo, debe asegurarse que tanto la calibración como las mediciones sean hechas sobre la misma porción del campo con los bordes medidos centrados con respecto al eje óptico.

5.13 Calidad de la lente

Como la falta de nitidez de la imagen contribuye a la incertidumbre de las mediciones, debe asegurarse el uso de lentes de buena calidad.

Nota 4.- Algunas veces, la nitidez de la imagen puede ser mejorada usando luz monocromática.

5.14 Orientación de los oculares

Debe asegurarse que el movimiento de la rejilla del ocular para alineación sea perpendicular a los bordes de la sección transversal del recubrimiento; e.g., 10° de desalineación contribuirán con 1,5 % de error.

5.15 Longitud del tubo

Un cambio en la longitud del tubo de la lente genera un cambio en el aumento y, si este cambio ocurre entre el momento de la calibración y el momento de la medición, la medición será errónea. Debe tenerse cuidado con los cambios de longitud del tubo, los cuales pueden ocurrir cuando el ocular es reposicionado dentro del tubo, cuando se cambia el enfoque del tubo y, para algunos microscopios, cuando el enfoque fino es ajustado.

6 PREPARACIÓN DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

El espécimen o muestra se preparan, montan, desbastan, pulen y atacan de tal forma que:

- a) la sección transversal es perpendicular al recubrimiento;
- b) la superficie es plana y todo el ancho de la imagen del recubrimiento se encuentra enfocado simultáneamente al aumento a ser usado en la medición;
- c) todo el material deformado por el corte de la sección transversal es removido;
- d) los bordes de la sección transversal del recubrimiento están nítidamente definidos por no más que una apariencia contrastante, o una delgada línea bien definida.

Nota 5.- Una guía más extensa se da en el Capítulo 5 y en el Apéndice A. Algunos reactivos de ataque típicos se describen en el Apéndice C.

7 MEDICIONES

- 7.1 Debe ponerse especial atención en los factores enlistados en el Capítulo 5 y en el Apéndice A.
- 7.2 El microscopio y su dispositivo de medición deben calibrarse con una escala micrométrica calibrada o certificada.
- 7.3 Se mide el ancho de la imagen de la sección transversal del recubrimiento en por lo menos cinco puntos distribuidos en todo lo largo de la microsección.

Nota 6.- La guía para la medición de curvatura de secciones transversales y de recubrimientos con forma dentada está dada en el Apéndice B.

8 INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES

El microscopio y el equipo asociado, su uso, su calibración y el método de preparación de la sección transversal puede ser elegido de forma que permita

determinar el espesor del recubrimiento con una precisión de 1 μm o 10 % del valor real, la que sea mayor. El método es capaz de brindar una incertidumbre absoluta de 0,8 μm , y para espesores mayores a 25 μm una incertidumbre razonable en las mediciones es del orden de 5 % o mejor (véase B.3). De cualquier forma, con una preparación cuidadosa del espécimen y el uso de los instrumentos adecuados este método es capaz de proveer una incertidumbre de 0,4 μm en las mediciones bajo condiciones reproducibles.

9 INFORME DE LA PRUEBA

El informe de la prueba debe incluir, al menos, la siguiente información:

- a) referencia a esta Norma Mexicana;
- b) identificación del espécimen de prueba;
- c) resultados de la prueba, indicando:
 - c.1) localización del elemento recubierto el cual se seccionó;
 - c.2) espesor medido, en micrómetros (o milímetros si es mayor a 1 mm) en cada punto (véase 7.3);
 - c.3) espesor local, dado como el promedio de los espesores medidos;
- d) cualquier desviación del procedimiento especificado;
- e) cualquier característica inusual (anomalía) observada durante la prueba;
- f) la fecha de la prueba.

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Este proyecto de Norma Mexicana coincide totalmente¹⁾ con la Norma Internacional ISO 1463:2003 *Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method*, (marzo de 2003).

¹⁾ Esta norma es idéntica (IDT) con la Norma Internacional ISO 1463:2003 *Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method*, (marzo de 2003).

APÉNDICE A (Informativo)

Método recomendado de preparación de las muestras

A.1 Introducción

La preparación de los especímenes y la medición del espesor de los recubrimientos dependen en gran medida de técnicas individuales de las cuales existe gran variedad disponible. No resulta razonable especificar solo un conjunto de técnicas, y es impráctico incluir todas las disponibles. Las técnicas descritas en este apéndice están dirigidas a guiar al metalógrafo no experimentado en las mediciones de espesores de recubrimientos.

A.2 Montaje

Para prevenir el redondeo de los bordes de la sección transversal del recubrimiento, la superficie no recubierta debe soportarse de tal forma que no haya espacio entre el recubrimiento y su soporte. Esto se logra comúnmente por sobre enchapado del espécimen con un recubrimiento de metal de dureza similar, de al menos 10 μm de grosor. Para recubrimientos duros y/o frágiles (e.g. recubrimientos de óxido de cromo), envolver compactamente el espécimen en papel de aluminio suave antes del montaje ha probado dar buenos resultados.

Si el recubrimiento es suave, sobre enchapar con un metal que es más suave hará el pulido más difícil, debido a que el metal más suave tiende a desgastarse más rápidamente.

El sobre enchapado de recubrimientos de zinc o cadmio con cobre puede generar dificultades dada la tendencia del cobre disuelto a depositarse en los recubrimientos durante el subsecuente ataque. Es mejor enchapar el zinc con cadmio y viceversa.

A.3 Desbaste y pulido

Es esencial mantener la superficie de la sección transversal del montaje perpendicular al recubrimiento. Esto se facilita mediante la incorporación de piezas adicionales de un metal similar cerca de las caras externas del montaje plástico, por el cambio de dirección periódico del desbaste (rotando 90°) y manteniendo el tiempo y la presión de desbaste al mínimo. Si, antes del desbaste, las marcas de referencia se inscriben en los costados del montaje, se puede medir cualquier inclinación con respecto a la horizontal.

Los especímenes montados se desbastan con un papel abrasivo adecuado, usando un lubricante aceptable, tal como agua o gasolina blanca, aplicando mínima presión para evitar la formación de biselado de la superficie. Para el desbaste inicial se emplean abrasivos grado 100 o 180 para revelar el perfil real de la muestra y remover cualquier metal deformado. Subsecuentemente, se usan grados 240, 320, 500 y 600 sin exceder tiempos de desbaste de 30 s a 40 s en cada papel; alternando la dirección de las líneas a 90° cada cambio de papel. Un pulido final por 2 min o 3 min en una rueda giratoria cargada con pasta de diamante de 4 μm a 8 μm y lubricada con gasolina blanca debe ser suficiente para remover las marcas para una inspección final. Si se requiere un alto grado de calidad en el acabado superficial, un tratamiento más extenso usando pasta de diamante de aproximadamente 1 μm , puede ser usado.

Si se van a preparar materiales realmente suaves, las partículas abrasivas pueden embeberse en el material durante el desbaste. Esto puede minimizarse sumergiendo totalmente los papeles abrasivos en el lubricante durante el lijado o utilizando un flujo abundante. Si las partículas abrasivas llegan a embeberse, estas pueden ser removidas aplicando un breve y ligero pulido manual con pulidor para metales después del desbaste y antes del acabado con diamante o por uno o más ciclos alternados de pulido y ataque.

A.4 Ataque

El ataque es recomendable cuando se desea generar contraste entre las capas de metal, remover trazas de material embarrado y para revelar una fina línea en los bordes del recubrimiento. Algunos reactivos de ataque típicos se dan en el Apéndice C.

A.5 Mediciones

El dispositivo de medición puede ser un micrómetro filar o un micrómetro ocular; el segundo tiene una precisión menor. Un ocular que divida la imagen es una gran ventaja para recubrimientos delgados o superficies de substratos rugosos. La medición de la imagen proyectada en una placa de vidrio molido es menos satisfactoria debido a la carencia de nitidez de la imagen y la pobre legibilidad de la regla cuando se visualiza la imagen proyectada.

El instrumento de medición debe ser calibrado al menos una vez antes y una vez después de la medición, hasta que la experiencia de la repetición lo indique de otra forma.



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

PROY-NMX-116-SCFI-2015
10/16

Cuando se lleve a cabo la calibración y las mediciones, ambas han de hacerse por el mismo operador, la escala del micrómetro y el recubrimiento deben estar centrados en el campo y cada medición en un punto se realiza dos veces y se promedia.

Para mediciones críticas o de validación, todos los pasos de preparación de las secciones transversales y las mediciones del espesor de los recubrimientos, desde el desbaste con abrasivo grado 600 o más grueso, hasta e incluyendo la determinación del espesor del recubrimiento, han de llevarse a cabo al menos dos veces. Con buenas técnicas y equipamiento, y superficies de recubrimiento y sustrato suaves, variabilidad dentro del 2 % o 0,5 μm , cualquiera que sea mejor, es razonable.

Algunos microscopios están sujetos a movimientos espontáneos de la escala con respecto al objetivo, posiblemente debidos a efectos térmicos no uniformes de la fuente de luz. Tal movimiento durante la medición puede causar una valoración errónea a medios y altos aumentos. Esto se puede minimizar completando la medición rápidamente y midiendo cada intervalo dos veces, una de derecha a izquierda y otra de izquierda a derecha.

APÉNDICE B (Informativo)

Curvatura de la sección transversal y medición de recubrimientos dentados.

B.1 Curvatura de la sección transversal

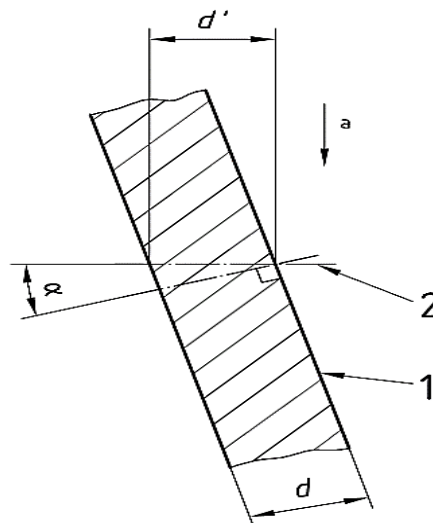
Si la posición de la muestra se desvía de la perpendicular (véase figura B.1), valores más altos en las mediciones serán obtenidos (véase 5.2).

El espesor del recubrimiento, d , puede ser calculado usando la siguiente ecuación.

$$d = d' \cos \alpha$$

donde:

- d es el espesor del recubrimiento cuando $\alpha = 0$;
- α es la desviación de la sección transversal con respecto a la perpendicular de la superficie del recubrimiento, en grados;
- d' es el espesor del recubrimiento medido cuando $\alpha \neq 0$.



donde:

- 1 superficie del recubrimiento
- 2 sección
- a dirección de observación

Figura B.1.- Desviación de la sección transversal por el ángulo α .

B.2 Medición de recubrimientos dentados

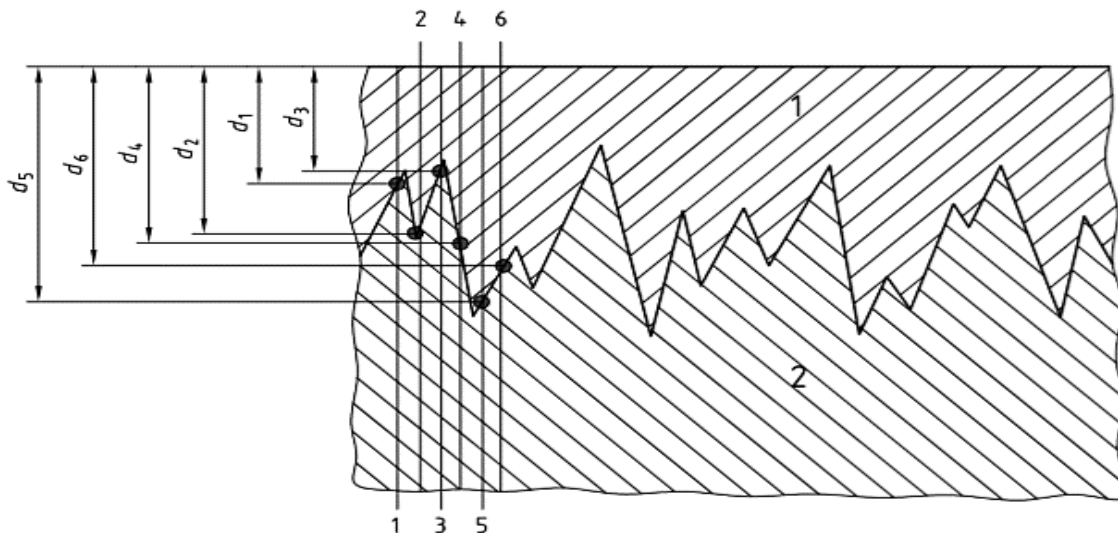
B.2.1 Principio

Este método puede ser usado para determinar el espesor de los recubrimientos delimitados por una estructura dentada, e.g. recubrimientos boro-nitrurados termoquímicamente producidos.

El espesor de los recubrimientos se amplifica 200 X y se mide a partir de una línea demarcada a 2 mm de la línea divisoria del recubrimiento sobre una longitud adecuada total de, p.e., 100 mm (véase Figura B.2).

B.2.2 Evaluación

El valor del promedio aritmético para recubrimientos de estructura dentada se calcula a partir de valores individuales. La desviación estándar provee un índice de las irregularidades de las superficies de los bordes (e.g. el grado de dentado de la estructura).



donde:

- 1 recubrimiento
- 2 sustrato
- 3

Figura B.2.- Diagrama que representa la determinación del espesor de recubrimientos con estructura dentada.

B.3 Valores empíricos de la desviación estándar de las mediciones obtenidas por microscopía luminosa.

Bajo condiciones reproducibles, la desviación estándar, σ , es 0,3 μm . Bajo condiciones comparables, la desviación estándar es 0,8 μm .

Basado en las desviaciones estándar especificadas, la Tabla B.1 indica el intervalo de confianza del espesor local del recubrimiento, q . Los valores en la tabla aplican para una certeza estadística de 95 % calculada con la fórmula (simplificada):

$$q = \pm \frac{1,96}{\sqrt{n}} \times \sigma$$

donde:

- n es el número de valores de mediciones a partir de los cuales se ha calculado el espesor local del recubrimiento,
- σ es la desviación estándar

Por lo tanto 95 % de todos los resultados de las mediciones están dentro del intervalo del espesor local del recubrimiento $\pm q$ (véase [1]).

Tabla B.1.- Error relativo en % del espesor local del recubrimiento con una certeza estadística del 95 %

Espesor local del recubrimiento q (μm)	Condiciones reproducibles		Reproducibilidad declarada cuando esta es requerida	
	$\sigma=0,3 \mu\text{m}$		$\sigma=0,8 \mu\text{m}$	
	n=3	n=10	n=3	n=10
1	34	20	90	50
5	7	4	18	10
10	4	2	9	5
50	0,7	0,4	1,8	1
100	0,4	0,2	0,9	0,5

**APÉNDICE C
(Informativo)**

Algunos reactivos de ataque típicos para usarse a temperatura ambiente

Advertencia: Se deben tomar precauciones en la preparación, uso, manejo y disposición de estos reactivos.

Tabla C.1.- Reactivos y ataque para la preparación de muestras

Reactivo de ataque	Aplicación
<p>1 Solución de ácido nítrico ($\rho=1,42$ g/ml): 5 ml</p>	<p>Para recubrimientos de cromo o níquel en el acero. Ataca el acero. Este reactivo debe estar recién preparado al usarse.</p>
<p>2 Cloruro de hierro (III) hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$): 10 g Solución de ácido clorhídrico ($\rho=1,16$ g/ml): 2 ml Solución de etanol, 95 % fracción volumen 95 %: 98 ml</p>	<p>Para recubrimientos de oro, plomo, plata, níquel y cobre sobre acero, cobre y aleaciones de cobre. Ataca el acero, el cobre y las aleaciones de cobre.</p>
<p>3 Solución de ácido nítrico ($\rho=1,42$ g/ml): 50 ml Ácido acético glacial ($\rho=1,16$ g/ml): 50 ml</p>	<p>Para la determinación del espesor de películas individuales o recubrimientos múltiples de níquel en acero y aleaciones de cobre: distingue cada capa de níquel identificando sus estructuras. Ataca el níquel; acero y cobre los ataca en exceso.</p>
<p>4 Persulfato de amonio: 10 g Solución de hidróxido de amonio ($\rho=0,88$ g/ml): 2 ml Agua destilada: 93 ml</p>	<p>Para recubrimientos de estaño y sus aleaciones sobre cobre y aleaciones de cobre. Ataca el cobre y sus aleaciones. El reactivo debe estar recién preparado al usarse.</p>



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

5 Solución de ácido nítrico ($\rho=1,42$ g/ml): 5 ml Solución de ácido fluorhídrico ($\rho=1,14$ g/ml): 2 ml Agua destilada: 93 ml	Para recubrimientos de níquel y cobre sobre aluminio y sus aleaciones. Ataca el aluminio y sus aleaciones.
6 Óxido de cromo (IV) (CrO_3): 20 g Sulfato de sodio: 1,5 g Agua destilada: 100 ml	Para recubrimientos de níquel y cobre sobre aleaciones base zinc. Adecuado también para recubrimientos de zinc y cadmio sobre acero. Ataca el zinc, las aleaciones base zinc y el cadmio.
7 Solución de ácido fluorhídrico ($\rho=1,14$ g/ml): 2 ml Agua destilada: 98 ml	Para aleaciones de aluminio anodizado. Ataca el aluminio y sus aleaciones.

Tabla C.1.- Continúa



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

11 BIBLIOGRAFÍA

- NMX-Z-013-SCFI-2015 *Guía para la estructuración y redacción de normas*, Declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre de 2015.
- Norma Oficial Mexicana 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-119-SCFI-2003 *Aluminio y sus aleaciones - Anodizado - Determinación del espesor de recubrimientos de óxido anódico - Mediciones no destructivas por el microscopio-Método de prueba*, declaratoria de Vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de septiembre de 2003.

- [1] BARGHOORN, H., *Vergleichende Untersuchungen von Schichtdicke-Messverfahren, Metalloberfläche*, 1955, 7, pp. 8-11.
- [2] RAY, G.P., *Thickness testing of electroplated and related coatings, Electrochemical Publications Ltd.*, Asahi House, 10 Church Road, Port Erin, Isle of Man, U.K., 1993, pp. 27-41.
- ISO 1463:2003 *Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method*, (marzo de 2003).