




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
METRO S.A.  
DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE VÍAS  
REALIZACIÓN DE REVESTIMIENTO METÁLICOS  
DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN**

<b>0</b>	<b>31/01/18</b>	<b>USO</b>	<b>Montserrat Bustíos</b>	<b>Christopher Heuser</b>	<b>R. Carrasco</b>
<b>REV N°</b>	<b>FECHA</b>	<b>EMITIDO PARA</b>	<b>ELABORADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>
		<b>L2-150200-00-5VI-ETG-0025</b>			<b>Página 1 de 25</b>
					<b>Revisión 0</b>

## **APROBACIONES**

<b>DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN</b>		<b>FIRMAS</b>	<b>FECHA</b>
<b>PREPARADO POR</b>	Montserrat Bustíos		
<b>REVISADO POR</b>	Christopher Heuser		
<b>APROBADO POR</b>	R. Carrasco		

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO.....</b>	<b>3</b>
<b>CONTROL DE CAMBIOS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. OBJETIVO Y DOMINIO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. GENERALIDADES .....</b>	<b>7</b>
2.1. Documentos Utilizados.....	7
2.2. Tipos de Revestimientos y Condiciones de Utilización .....	8
2.2.1. Tipos de revestimientos.....	8
2.2.2. Condiciones de Utilización .....	8
2.2.2.1. <i>La protección por depósito electrolítico de zinc o de cadmio se aplica a las piezas siguientes.....</i>	<i>8</i>
2.3. Definiciones Generales.....	9
2.3.1. Definiciones y convenciones concernientes a la medida del espesor del revestimiento.....	9
2.3.1.1. <i>Revestimiento Metálico.....</i>	<i>9</i>
2.3.1.2. <i>Espesor Local .....</i>	<i>9</i>
2.3.1.3. <i>Espesor Mínimo.....</i>	<i>9</i>
2.3.2. Simbolización del Revestimiento .....	9
2.3.2.1. <i>Revestimiento Electrolítico de Zinc o de Cadmio.....</i>	<i>9</i>
2.3.2.2. <i>Galvanización por Inmersión en Caliente en un Baño de Zinc Fundido.....</i>	<i>10</i>
2.4. Garantía de Calidad.....	10
2.4.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones .....	10
2.4.2. Procedimiento de Garantía de Calidad.....	11
<b>3. CONDICIONES DE FABRICACIÓN.....</b>	<b>12</b>
3.1. Tipos de Revestimientos a Utilizar.....	12
3.1.1. Revestimiento Electrolítico de Zinc o de Cadmio.....	12
3.1.2. Revestimientos por Galvanización en Caliente.....	12
3.2. Fabricación.....	13

3.2.1. Reglas Generales .....	13
3.2.2. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio .....	13
3.2.3. Tratamiento de Cromatación.....	14
3.2.4. Galvanización en Caliente .....	14
3.3. Mecanizado de los Roscados Antes del Revestimiento de Protección .....	14
3.4. Características de los Revestimientos. Acabado de Ejecución.....	15
3.4.1. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio .....	15
3.4.2. Revestimientos de Cromatación.....	15
3.4.3. Revestimientos de Galvanización en Caliente.....	15
<b>4. CONDICIONES DE RECEPCIÓN .....</b>	<b>16</b>
4.1. Supervisión .....	16
4.2. Presentación de las Piezas a Recepción .....	16
4.2.1. Estado de Presentación de las Piezas.....	16
4.2.2. Formación de los Lotes.....	16
4.3. Naturaleza de los Controles.....	16
4.4. Proporción de los Controles .....	17
4.5. Control de Aspecto .....	18
4.5.1. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio .....	18
4.5.2. Revestimientos por Galvanización en Caliente.....	18
4.6. Control de Espesor .....	18
4.6.1. Generalidades.....	18
4.6.2. Medida por Método Magnético.....	19
4.6.3. Medida por Disolución .....	19
4.6.3.1. <i>Disolución anódica sobre revestimiento electrolítico .....</i>	<i>19</i>
4.6.3.2. <i>Disolución química en galvanización .....</i>	<i>19</i>
4.6.4. Medida del Espesor Local .....	19
4.6.5. Resultados a Obtener.....	20
4.6.5.1. <i>Revestimientos de Zinc o de Cadmio .....</i>	<i>20</i>
4.6.5.2. <i>Revestimientos por Galvanización .....</i>	<i>20</i>

4.7.	Control de la Adherencia del Revestimiento Electrolítico .....	20
4.7.1.	Control del Revestimiento de Zinc o de Cadmio .....	20
4.7.2.	Control de la Adherencia de la Capa de Cromatación .....	21
4.8.	Control de la Continuidad de la Galvanización en Caliente .....	21
4.9.	Ensayo de Corrosión al Salitre Sobre la Capa de Cromatación.....	21
4.10.	Control de los Roscados Después de Revestimientos .....	22
4.11.	Resultados a Obtener. Aceptación .....	22
<b>5.</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO DE LOS SUMINISTROS.....</b>	<b>23</b>
5.1.	Embalaje .....	23
<b>6.</b>	<b>GARANTÍA Y DERECHOS DE PATENTE.....</b>	<b>24</b>
6.1.	Garantía .....	24
6.2.	Derechos de Patente.....	24
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO A: DIAGRAMA DE WALD PARA EL CONTROL DE ESPESOR EN LOTE &gt; 2000 PIEZAS .....</b>		<b>25</b>

## **CONTROL DE CAMBIOS**

Rev.	Punto	Título	Modificación Realizada
0	General	N/A	Aprobación

## **1. OBJETIVO Y DOMINIO DE APLICACIÓN**

La presente especificación define las condiciones de realización y de control de los revestimientos metálicos de protección contra la corrosión que se depositan sobre ciertas piezas metálicas que entran en la superestructura de la vía.

También precisa las exigencias dimensionales eventuales a aplicar al realizar los roscados de las piezas a tratar.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. Documentos Utilizados**

De forma general, se hace referencia, cada vez que ello es posible, a las normas ISO o a defecto a las normas francesas.

Corresponde al Contratista buscar la norma correspondiente en su país (NF, ASTM, DIN, etc.). A defecto, es la norma ISO la que debe ser utilizada. Por razones de facilidad, a continuación de las normas ISO se ha indicado entre paréntesis la referencia de la norma francesa correspondiente.

Normas utilizadas en la presente especificación:

- EN ISO 1461, ISO 2064, ISO 2081, ISO 2082, ISO 2177, EN ISO 2178, EN ISO 2361, ISO 3613, ISO 3892, EN ISO 4042, ISO 4520, ISO 9001, ISO 9227,
- EN 12540 (EN ISO 1456), EN 1179, EN 12329 (EN ISO 2081) y EN 12330 (EN ISO 2082).
- NF A91-010, A91-472, X41-002, (EN ISO 1456) o equivalentes.

Los documentos citados, tales como las fichas UIC (Union Internationale des Chemins de fer), normas ISO (International Organization for Standardization), normas francesas (AFNOR) u otras (ASTM, DIN, etc) son los que están en vigor en la fecha que figura en la página de título de la especificación.

En caso de modificación ulterior, deben ser reemplazados por los documentos en vigor en el momento del pedido de los suministros objeto de la especificación. Corresponde al

Contratista informar a Metro precisándole las incidencias eventuales sobre el contenido de la especificación.

## **2.2. Tipos de Revestimientos y Condiciones de Utilización**

### **2.2.1. Tipos de revestimientos**

Se utilizan dos tipos de revestimiento de protección:

- Depósito electrolítico de zinc o de cadmio, seguido de un acabado crómico (o cromatación),
- Galvanización por inmersión en caliente en un baño de zinc fundido.

### **2.2.2. Condiciones de Utilización**

#### ***2.2.2.1. La protección por depósito electrolítico de zinc o de cadmio se aplica a las piezas siguientes***

- Toda la pernería ordinaria,
- Los pernos-tirafondos,
- Los vástagos y casquillos de sellado,
- Los pasadores a soldar,
- Las arandelas elásticas sencillas de una espira y las arandelas Grower,
- Las tuercas ordinarias o autofrenadas y las arandelas que se adaptan a las mismas,

Y de una forma general toda pieza especificada debe de ser protegida en los diseños entregados por Metro.

La protección por depósito electrolítico no se aplica a las arandelas elásticas simples y multiespiras que deben ser protegidas con aceite de lino.

La protección por galvanización sólo se aplica a los tirafondos y a sus arandelas planas.



## 2.3. Definiciones Generales

### 2.3.1. Definiciones y convenciones concernientes a la medida del espesor del revestimiento

#### 2.3.1.1. *Revestimiento Metálico*

Para cada procedimiento de revestimiento metálico se establece una clasificación que da un escalonamiento de calidad definida por la noción de espesor, esto requiere establecer un orden de magnitud de una superficie de referencia en la que se practica la medida de espesor, cualquiera que sea el procedimiento o aparato utilizado.

Las definiciones siguientes son las de la norma ISO 2064 o de su aplicación eventual en el país del Contratista (norma NF A91-010, o equivalentes).

#### 2.3.1.2. *Espesor Local*

El espesor local de un revestimiento de protección en un lugar dado es el espesor del revestimiento medido sobre una superficie de referencia del orden de 1 cm<sup>2</sup>.

#### 2.3.1.3. *Espesor Mínimo*

El espesor mínimo de un revestimiento metálico es el espesor local en el lugar donde es más reducido. El mismo corresponde al espesor mínimo especificado en la designación del revestimiento.

### 2.3.2. Simbolización del Revestimiento

#### 2.3.2.1. *Revestimiento Electrolítico de Zinc o de Cadmio*

De conformidad a las normas ISO 2081 y 2082 o de sus aplicaciones (EN 12329 y EN 12330), los revestimientos electrolíticos de zinc o de cadmio se designan por un número de clasificación o símbolo normalizado, que se compone de los elementos siguientes:

- El símbolo químico de revestimiento: Zn para el zinc, Cd para el cadmio.
- Una cantidad correspondiente al espesor mínimo (en micrones) del depósito.

- La designación apropiada (A, B, C o D) del tipo de cromatación seguida de una barra oblicua.
- El símbolo químico Fe del metal de base (hierro o acero).

En Francia, para un revestimiento electrolítico de zinc, de un espesor mínimo de 8 micrones, seguido de una cromatación de tipo D, el símbolo normalizado es: Zn 8 D/Fe.

La clasificación del ISO indica, en primera posición, el metal de base, ejemplo: Fe/Zn 8 D.

#### **2.3.2.2. *Galvanización por Inmersión en Caliente en un Baño de Zinc Fundido***

De conformidad a la norma EN ISO 1461, la definición, la clasificación y la simbolización de los revestimientos de galvanización en caliente se efectúan según la masa de zinc depositada por unidad de superficie en gramos por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ), ejemplo: galvanización en caliente de  $500 \text{ g/m}^2$ .

A modo indicativo  $100 \text{ g/m}^2$  de zinc corresponden aproximadamente a un espesor de 14 micronesl

## **2.4. Garantía de Calidad**

### **2.4.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones**

El Contratista debe establecer una organización, métodos y medios que le permitan asegurar la calidad de las fabricaciones y el control de los suministros.

Debe establecer y mantener operacional un sistema de identificación y de trazabilidad de los productos y de los elementos constitutivos en todas las etapas de la producción, del control y de la entrega.

Debe asegurar la trazabilidad de las operaciones de los productos o de los elementos constitutivos de los productos que subcontrata, para poder encontrar fácilmente el histórico de los datos que lo conciernen, relacionarlos entre sí y atribuirlos con certeza a los productos concernidos.

La trazabilidad concierne esencialmente:

- El origen de las materias primas, el modo de elaboración de los suministros y sus características contractuales.
- Las operaciones de transformación y de tratamiento.

- Los controles dimensionales.

La trazabilidad debe permitir volver a encontrar todas las piezas que hayan sido objeto de las mismas operaciones de fabricación y de control.

#### **2.4.2. Procedimiento de Garantía de Calidad**

Reemplazando el control directo en planta por Metro según las disposiciones definidas por la presente especificación; el Contratista puede solicitar gozar de un procedimiento de garantía de calidad definido por la norma ISO 9001 relativa al modelo para la garantía de calidad en producción e instalación y al modelo para la garantía de calidad en control y ensayos finales.

Este procedimiento sólo puede ser aplicado si el Contratista ya ha obtenido una certificación de Garantía de Calidad y una habilitación por parte de un organismo oficial (red ferroviaria o de metro, etc.). Entonces el Contratista debe entregar a Metro, un manual de calidad, un plan de calidad y un plan de control de verificación y de pruebas que permita cerciorarse de la aplicación de las prescripciones de la presente especificación.

Metro procede, después del examen de los documentos a una auditoría en el establecimiento del Contratista para verificar los procedimientos y los medios de control en curso de fabricación así como los documentos que dan los resultados de los ensayos.

Si Metro considera que este examen es satisfactorio, autoriza entonces al Contratista a proceder por sí solo al control de sus fabricaciones. Sin embargo, Metro se reserva el derecho de ejercer una supervisión:

- Por sondeos de controles y ensayos en curso de fabricación.
- Por inspecciones o "auditorías" parciales para cerciorarse de la aplicación efectiva de los planos de calidad de los procedimientos y de su eficacia, en particular después de una interrupción duradera de fabricación.

En caso de diferencias significativas observadas respecto a los procedimientos homologados y no corregidos, Metro puede suspender el procedimiento de garantía de calidad y hacer aplicar el control directo previsto en la especificación.

### **3. CONDICIONES DE FABRICACIÓN**

#### **3.1. Tipos de Revestimientos a Utilizar**

##### **3.1.1. Revestimiento Electrolítico de Zinc o de Cadmio**

Para las piezas a tratar por un revestimiento electrolítico de zinc o de cadmio se aplican los tratamientos normalizados siguientes:

- En las arandelas elásticas: Zn 12 D o Cd 12 D
- En el material roscado de diámetro < 16 mm: Zn 8 D o Cd 8 D
- En el material roscado de diámetro ≥ 16 mm: Zn 12 D o Cd 12 D
- En las otras piezas: Zn 12 D o Cd 12 D.

##### **3.1.2. Revestimientos por Galvanización en Caliente**

Para las piezas a tratar en caliente en un baño de zinc fundido, se realiza la aplicación de una galvanización en caliente de 500 g/m<sup>2</sup>, para la cual la cantidad de metal depositado está definida por los criterios siguientes:

a) Cantidad mínima:

- masa: 450 g/m<sup>2</sup>
- espesor: 63 micrones

b) Cantidad media mínima:

- masa: 500 g/m<sup>2</sup>
- espesor: 70 micrones

## **3.2. Fabricación**

### **3.2.1. Reglas Generales**

Independientemente del caso particular del revestimiento electrolítico de los pasadores a soldar, todos los revestimientos especiales de protección contra la corrosión deben efectuarse sobre todas las superficies a proteger.

El Contratista debe tomar todas las precauciones para adaptar el procedimiento de revestimiento al tipo del metal de base. Los modos de tratamiento, la composición química de los baños, las densidades de corriente, el tiempo de electrólisis, se dejan a su elección. Sin embargo, deben respetarse las recomendaciones particulares dadas a continuación.

### **3.2.2. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio**

Con los métodos habituales de tratamiento electrolítico a partir de una solución acuosa, aparece un riesgo de ruptura diferida debido a la fragilización por el hidrógeno para las arandelas-resortes de dureza comprendida entre 400 y 600 HV.

Para suprimir toda fragilización por el hidrógeno, los tipos de arandelas citados a continuación deben someterse a los dos tratamientos térmicos siguientes:

- 1 recocido de distensión antes del tratamiento electrolítico,
- 1 tratamiento de desfragilización después del tratamiento electrolítico.

Las modalidades de estos dos tratamientos se precisan en las normas ISO 2081 y ISO 2082 y de sus aplicaciones (EN 12329 y EN 12330).

El tratamiento de desfragilización debe efectuarse antes que cualquier tratamiento de cromatación.

Los pasadores a soldar deben presentar una sección y una superficie cilíndrica no protegidas situadas del lado del extremo a soldar, la longitud de la parte cilíndrica es de  $20 \pm 3$  mm.

Para la parte cilíndrica de los vástagos de sellados que se sellan en el hormigón, no debe efectuarse ningún mecanizado antes del tratamiento electrolítico, a fin de conservar el aspecto bruto del laminado de las barras utilizadas para la fabricación. Solamente se autoriza el mecanizado para la fabricación de casquillos de sellados con ranuras, muescas o moleteados.

### **3.2.3. Tratamiento de Cromatación**

Todos los revestimientos electrolíticos deben someterse a un tratamiento complementario de cromatación a fin de retardar la formación de productos de corrosión.

A partir de la designación normalizada (véase acápite 2.3.2.1 anterior), el tratamiento de cromatación está definido en las normas ISO 4520, ISO 3613 y ISO 3892 o sus aplicaciones eventuales en el país del Proveedor (norma NF A91-472 o equivalente).

### **3.2.4. Galvanización en Caliente**

Los lingotes de zinc utilizados deben ser de una calidad mínima correspondiente al tipo normal Z 7, cuyas características químicas están definidas en la norma EN 1179.

El contenido de aluminio en el baño no debe exceder de 0,10 %.

## **3.3. Mecanizado de los Roscados Antes del Revestimiento de Protección**

Los espesores de revestimientos especificados en el acápite 3.1 pueden ser superiores, para ciertos diámetros de piezas roscadas, a aquéllos que se pueden depositar sobre un conjunto roscado de tolerancias corrientes, en principio 6g para los tornillos y 6H para las tuercas con roscado con gran paso utilizado en vía.

Para evitar, después del revestimiento, toda interferencia entre los roscados exteriores (tornillos) y los roscados interiores correspondientes (tuercas), puede resultar necesario realizar roscados desplazados con respecto al perfil de base.

### **3.4. Características de los Revestimientos. Acabado de Ejecución**

#### **3.4.1. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio**

El aspecto de los revestimientos electrolíticos de zinc y de cadmio deben satisfacer los criterios estipulados en las normas ISO 2081 o ISO 2082 y las normas EN 12329 y 12330.

No obstante, esos criterios conciernen toda la superficie de las piezas y no una superficie significativa.

Para el caso particular de los vástagos de sellado, el revestimiento de la parte cilíndrica que está sellada en el hormigón debe presentar un aspecto rugoso como resultado del estado de la superficie bruta de laminado que se ha conservado antes del tratamiento electrolítico (véase acápite 3.2.2).

#### **3.4.2. Revestimientos de Cromatación.**

La película de cromatación debe ser continua sobre toda la superficie de zinc o de cadmio; se prohíbe rigurosamente toda fisuración de la película de cromatación.

En derogación a las normas citadas en el párrafo 3.2.3, los únicos criterios de control son:

- La adherencia,
- La dureza de resistencia al salitre.

#### **3.4.3. Revestimientos de Galvanización en Caliente**

El aspecto de las superficies galvanizadas debe corresponder a las condiciones estipuladas en la norma EN ISO 1461.

Además, las superficies galvanizadas deben ser lisas, sin hinchazones, escurriduras, grietas, enripiados. Las piezas galvanizadas pueden ser mates o brillantes, los orificios eventuales o el mandrinado no deben presentar rebabas.

Las manchas de almacenamiento húmedo no deben considerarse como una causa de rechazo de las piezas.

## **4. CONDICIONES DE RECEPCIÓN**

### **4.1. Supervisión**

Los representantes de Metro tienen libre acceso, en todo momento, durante todo el tiempo de ejecución del suministro, a las partes de la planta que realizan los revestimientos especiales de protección contra la corrosión. En las mismas pueden proceder a todas las verificaciones que consideren necesarias para cerciorarse que se cumplen exactamente las condiciones de fabricación y asistir a todos los ensayos, controles y análisis relacionados con los revestimientos especiales de protección contra la corrosión.

En principio, todos los ensayos se efectúan en los laboratorios del Contratista y corren a su cargo.

### **4.2. Presentación de las Piezas a Recepción**

#### **4.2.1. Estado de Presentación de las Piezas**

Las piezas se presentan en el estado de entrega.

#### **4.2.2. Formación de los Lotes**

Todas las piezas son objeto de un examen de recepción; se presentan agrupadas por lotes de artículos del mismo tipo que son objeto de un revestimiento del mismo símbolo o designación (véase acápite 2.2) y que se hayan sometido eventualmente a un tratamiento térmico idéntico.

### **4.3. Naturaleza de los Controles**

Los revestimientos de las piezas se someten a los controles de características siguientes:

- Aspecto
- Espesor
- Adherencia
- Continuidad del revestimiento
- Calidad del baño de zinc para la galvanización
- Resistencia al salitre de la capa de cromatación.



#### 4.4. Proporción de los Controles

El control del aspecto de las piezas tratadas se deja a iniciativa del recepcionista.

Para todos los otros controles, la cantidad de piezas a examinar por lote está definida por los 2 cuadros dados a continuación y el diagrama de WALD adjunto en anexo.

##### Control del espesor

Tamaño del lote	Efectivo de la muestra	Cantidad máxima de piezas defectuosas toleradas
N 100	5	0
100 < N 500	8	0
500 < N 1200	13	1
1200 < N	20	1
N > 2000	aplicar el diagrama de Wald	aplicar el diagrama de Wald

##### Otros controles

Tamaño del lote	Efectivo de la muestra	Cantidad máxima de piezas defectuosas toleradas
N 500	5	0
500 < N 1200	8	1
1200 < N 10 000	13	1
10.000 < N 35 000	20	2
N > 35.000	32	3

## **4.5. Control de Aspecto**

### **4.5.1. Revestimientos Electrolíticos de Zinc o de Cadmio**

Las piezas no deben presentar defectos visibles a simple vista tales como ampollas, corrosiones superficiales, rugosidades, fisuras o superficies no recubiertas. Cuando no se puede evitar una marca de contacto, su emplazamiento debe ser objeto de un acuerdo previo.

Se puede aceptar un aspecto mate o brillante. Las marcas procedentes del enjuague, así como los derrames y los empañamientos que resultan del secado no constituyen un motivo de rechazo.

### **4.5.2. Revestimientos por Galvanización en Caliente**

La capa de zinc no debe presentar discontinuidades y defectos tales como derrames, gotas, escorias adherentes y sobreespesores que dificulten los ensamblajes.

Los gradientes de aspecto (diferencias de cristalización, aspecto gris, mate uniforme o jaspeado) no constituyen un motivo de rechazo.

## **4.6. Control de Espesor**

### **4.6.1. Generalidades**

Por regla general se utilizan dos métodos para controlar el espesor local del revestimiento:

- a) La medida por método magnético del espesor propiamente dicho (especificado para los revestimientos electrolíticos, véase acápite 2.3.2.1, y estimado para la galvanización, véase acápite 2.3.2.2),
- b) La medida por disolución que permite verificar la masa de metal depositada por unidad de superficie (especificada para la galvanización, véase acápite 2.3.2.2)

#### **4.6.2. Medida por Método Magnético**

En este método que se puede aplicar para todos los tipos de revestimientos, los instrumentos de medición se basan ya sea en el principio de la atracción magnética o bien en el principio de la reluctancia.

Las mediciones se efectúan según las prescripciones de las normas ISO 2178 y ISO 2361.

#### **4.6.3. Medida por Disolución**

##### **4.6.3.1. *Disolución anódica sobre revestimiento electrolítico***

Para los revestimientos electrolíticos, la medida del espesor por disolución se efectúa por el método coulométrico de disolución anódica.

Antes de aplicar este método conviene retirar la capa de cromatación mediante un abrasivo muy suave, por ejemplo una pasta de alúmina ligera.

La medición se efectúa directamente sobre las piezas a examinar mediante aparatos que cuentan con una pequeña célula de electrólisis según las prescripciones de la norma ISO 2177.

##### **4.6.3.2. *Disolución química en galvanización***

Para los revestimientos por galvanización, la medida del espesor por disolución se efectúa por disolución química en las piezas a examinar según las prescripciones de la norma EN ISO 1461.

#### **4.6.4. Medida del Espesor Local**

Con el único fin de evitar todo error de medición debido a un efecto de forma, todas las mediciones de espesores deben efectuarse sobre una superficie plana y lisa. Para las piezas roscadas solamente se deben retener las secciones rectas.

En el caso de superficie de referencia igual o superior a 1 cm<sup>2</sup>, la medida del espesor local se debe efectuar según las recomendaciones del acápite 3.2.1 de la norma francesa NF A91-010 o equivalente.

Para una superficie de referencia inferior a 1 cm<sup>2</sup> y de ancho inferior a 8 mm, la determinación del espesor local se realizará por el cálculo de la media aritmética de tres medidas puntuales efectuadas en esta superficie.

Se pueden seleccionar superficies distintas para cada una de las tres medidas puntuales cuando las piezas a controlar superficies de referencias muy pequeñas.

#### **4.6.5. Resultados a Obtener**

##### **4.6.5.1. *Revestimientos de Zinc o de Cadmio***

El espesor local en todas las piezas controladas no debe ser en ningún lugar inferior al espesor mínimo que define los revestimientos de conformidad a las indicaciones del acápite 3.1.1.

##### **4.6.5.2. *Revestimientos por Galvanización***

El espesor local en todas las piezas controladas en ningún caso debe ser inferior al valor mínimo especificado en el acápite 3.1.2.

También se verifica el espesor medio del revestimiento que se obtiene por el cálculo de la media aritmética de los espesores locales determinados sobre el conjunto de las muestras tomadas en el lote (véase acápite 4.4).

El valor medio obtenido debe ser superior o igual a los valores medios estipulados en el acápite 3.1.2.

#### **4.7. Control de la Adherencia del Revestimiento Electrolítico**

##### **4.7.1. Control del Revestimiento de Zinc o de Cadmio**

La adherencia del revestimiento se controla por un ensayo de cuadrículado. Se traza, mediante una punta para trazar de acero templado o una herramienta cortante de plaquita de carburo al tungsteno, un cuadrículado que cubra 15 x 15 mm aproximadamente. La separación de los trazos debe ser de 3 mm y su profundidad tal que el revestimiento quede completamente cortado.

Para las piezas roscadas, el ensayo de adherencia sólo se practica en las piezas de dimensiones que permitan realizar el ensayo sobre una superficie de 1 cm<sup>2</sup> con un paso de

cuadrículado de 1 mm. Para las piezas de dimensiones inferiores, este ensayo debe ser el objeto de un acuerdo entre Metro y el Contratista; en este caso, el choque térmico es un método corrientemente practicado (véase norma EN 12540).

Después del ensayo, el revestimiento no debe presentar ningún desconchadura o despegadura visible a simple vista.

#### **4.7.2. Control de la Adherencia de la Capa de Cromatación**

La adherencia de la capa de cromato coloreado se pone a prueba frotando la superficie a la presión normal de la mano con unos 10 frotamientos utilizando un papel vitela blanco fino o con una goma fina sin abrasivo.

Este tratamiento no debe dejar ninguna traza de suciedad sobre el papel si éste es el medio utilizado, ni retirar o usar la capa coloreada hasta revelar el zinc o el cadmio subyacente, lo mismo si se utiliza el papel o la goma.

#### **4.8. Control de la Continuidad de la Galvanización en Caliente**

El control de la continuidad del revestimiento de zinc se efectúa sometiendo las piezas protegidas a 4 inmersiones sucesivas, de un minuto, en una solución de sulfato de cobre. Las prescripciones del ensayo están definidas por la norma ISO 1461.

La solución de sulfato de cobre no se reutiliza después de haber servido para una serie de 4 inmersiones.

Las piezas a controlar deben soportar las 4 inmersiones sucesivas sin que se pueda observar una banda desprovista de metal de revestimiento, salvo, por ejemplo, en la extensión de una banda estrecha en las aristas de las roscas de tirafondos. Estas bandas se caracterizan por un depósito rojo de cobre adherente.

#### **4.9. Ensayo de Corrosión al Salitre Sobre la Capa de Cromatación**

La capa de cromatación sobre el revestimiento electrolítico de zinc o de cadmio se somete a un ensayo de corrosión al salitre neutro a 5%, según las prescripciones de la norma ISO 9227 o de su aplicación eventual en el país del Proveedor (norma NF X41-002 o equivalente).

Para una cromatación de tipo D no se debe descubrir ningún producto blanco de corrosión incrustado en la capa de cromatación después de una duración de exposición de 96 horas.

#### **4.10. Control de los Roscados Después de Revestimientos**

Antes del revestimiento no se efectúa ningún control dimensional del roscado de los pernos y tuercas de vía.

Para todos los elementos de fijación con roscado métrico ISO, el roscado revestido de un espesor dado debe encontrarse, después del revestimiento, dentro de la tolerancia  $h\ 6$  o  $H\ 6$ .

El control de esta tolerancia se debe efectuar según las prescripciones de la norma EN ISO 4042.

Se deben respetar los criterios de aceptación impuestos.

Se puede aceptar una derogación a este artículo para los pernos-tirafondos cuando estos últimos cuentan con sus tuercas. En este caso, el control de roscado se puede efectuar por verificación de la intercambiabilidad de las tuercas enroscándolas a la mano sin holgura excesiva a todo lo largo del roscado del perno-tirafondo vecino.

#### **4.11. Resultados a Obtener. Aceptación**

Para ser aceptados, los revestimientos especiales de protección contra la corrosión deben satisfacer las condiciones de ensayos y controles definidos por los acápites 4.3 a 4.10.

Si en un lote, un ensayo de calidad determinado no satisface las condiciones impuestas, se pueden realizar a petición del Contratista dos contraensayos de la misma naturaleza. Si uno de estos contraensayos no es satisfactorio, se rechaza el lote correspondiente.

Esta derogación no se admite para el ensayo de corrosión al salitre definido en el acápite 4.9.

En caso de resultados no conformes para el control de aspecto y de espesor, el Contratista puede volver a presentar las piezas después de haber clasificado el lote concernido. En esta nueva presentación, todos los resultados no conformes ocasionan un rechazo definitivo del lote clasificado.

## **5. ACONDICIONAMIENTO DE LOS SUMINISTROS**

### **5.1. Embalaje**

Todas las piezas revestidas con una protección especial contra la corrosión deben protegerse con embalajes sólidos (barriles, cajas o toneles metálicos) para evitar todo deterioro (en particular de sus partes roscadas o mecanizadas) y toda deformación durante su transporte.

Las superficies interiores de las cajas de madera están tapizadas con papel aceitado o alquitranado.

Cada embalaje menciona de una forma legible e indeleble en una etiqueta sólidamente fijada al embalaje:

- El nombre o la marca del Proveedor,
- El número del pedido,
- La naturaleza de las piezas y el tipo de revestimiento especial de protección contra la corrosión,
- La cantidad y el peso total de las piezas,
- La fecha de fabricación.

El embalaje ni se paga ni se devuelve al Contratista. Se convierte en propiedad de Metro.

Se rechazan las piezas presentadas en expedición que no estén protegidas, marcadas o acondicionadas tal como se prescribe.

## **6. GARANTÍA Y DERECHOS DE PATENTE**

### **6.1. Garantía**

El Contratista garantiza sus suministros de piezas durante dos años a partir de la fecha de la puesta en servicio de éstas en las vías.

Toda pieza que, durante este plazo, se deteriorara por una causa que no sea el desgaste normal o en la que se observen defectos que hayan escapado a la recepción en planta, da lugar al suministro gratuito de una pieza idéntica o al pago por parte del Contratista de una indemnización igual al valor de la pieza.

A petición del Contratista, se le devuelve la pieza fuera de servicio, los gastos de transporte corren a su cargo.

### **6.2. Derechos de Patente**

Los derechos eventuales de patente corren a cargo del Contratista quien garantiza a Metro contra toda reclamación en este sentido.



## 7. ANEXOS

### ANEXO A: DIAGRAMA DE WALD PARA EL CONTROL DE ESPESOR EN LOTE > 2000 PIEZAS

#### ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Para la realización de revestimientos metálicos

De protección contra la corrosión

#### DIAGRAMA DE WALD

LOTE > 2000 Piezas

