

**LIBRO:** CSV. CONSERVACIÓN

**TEMA:** PUE. Puertos

**PARTE:** 4. TRABAJOS DE RECONSTRUCCIÓN

**TÍTULO:** 02. Obras de Atraque y Amarre

**CAPÍTULO:** 006. *Instalación de Cubiertas Integrales de Zinc en Pilas y Pilotes*

#### **A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los aspectos por considerar en la instalación de cubiertas integrales de zinc en pilas y pilotes de concreto reforzado de obras en puertos y zonas costeras en operación, como medida para detener la corrosión del acero de refuerzo.

#### **B. DEFINICIÓN**

La instalación de cubiertas integrales de zinc en pilas y pilotes, como la que se muestra en la Figura 1 de esta Norma, es el conjunto de actividades para suministrar las cubiertas a que se refiere la Norma N-CMT-2-10-004, *Cubiertas Integrales de Zinc* e instalarlas en las pilas y pilotes que indique el proyecto.

#### **C. REFERENCIAS**

Son referencias de esta Norma, las normas extranjeras:

- SSPC-SP 1, *Solvent Cleaning*, publicada por The Society for Protective Coatings, en EUA, en el año 2015,
- SSPC-SP No.10/NACE No.2, *Joint Surface Preparation Standard: Near-White Metal Blast Cleaning*, publicada por The Society for Protective Coatings and NACE International, en EUA, en el año 2000,

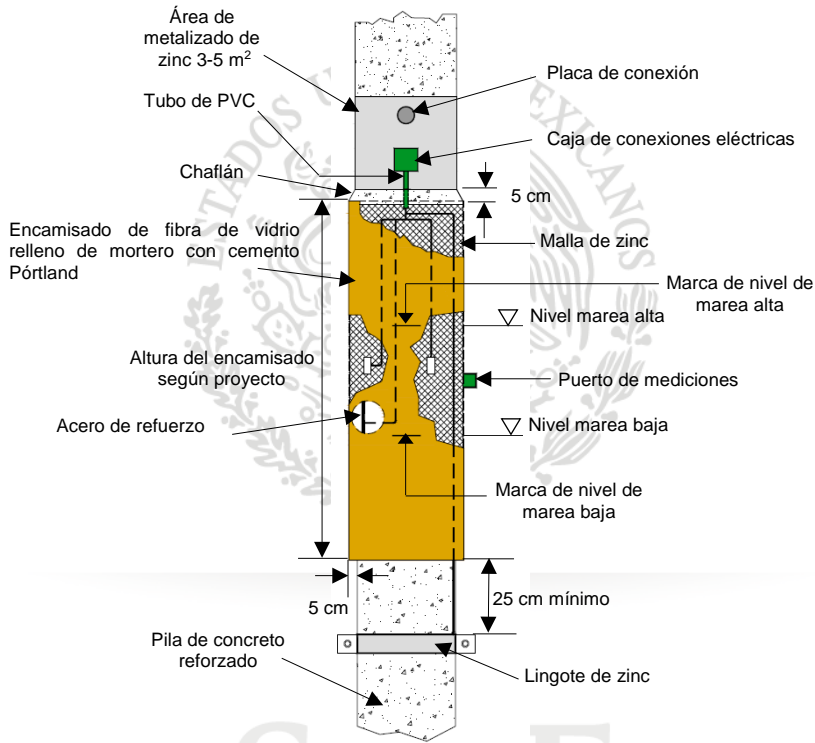


FIGURA 1.- Ejemplo de cubierta integral de zinc colocada en una pila de concreto reforzado

- SSPC-CS 23.00/AWS C2.23M/NACE No.12, *Specification for the Application of Thermal Spray Coatings (Metallizing) of Aluminum, Zinc, and Their Alloys and Composites for the Corrosion Protection of Steel*, publicada por The Society for Protective Coatings, American Welding Society, and NACE International, en EUA, en el año 2003,
- ASTM D4541-09, *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*, publicada por la ASTM International, en EUA.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Ejecución de Obras .....	N·LEG·3
Reparaciones y Resanes en Elementos de Concreto .....	N·CSV·CAR·3·03·003
Prácticas Ambientales durante la Conservación y Rehabilitación de Obras .....	N·CSV·PUE·5·01·001
Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico .....	N·CMT·2·02·002
Cubiertas Integrales de Zinc .....	N·CMT·2·10·004
Criterios Estadísticos de Muestreo .....	M·CAL·1·02

## D. MATERIALES

### D.1. CUBIERTAS INTEGRALES DE ZINC

Las cubiertas integrales de zinc serán de las dimensiones y geometría que indique el proyecto o apruebe la Secretaría; el encamisado será de una longitud tal que su borde superior esté por encima de la marca de marea alta por lo menos cincuenta (50) centímetros y que su borde inferior esté al menos (50) centímetros por debajo de la marca de marea baja; los componentes de las cubiertas integrales cumplirán con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·2·10·004, *Cubiertas Integrales de Zinc*.

### D.2. ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE LOS LINGOTES DE ZINC

**D.2.1.** Los elementos de sujeción de cada lingote de zinc para pilas o pilotes de sección cuadrada o rectangular cumplirán con lo siguiente:

**D.2.1.1.** Consistirán de dos (2) canales de acero galvanizado de cinco (5) centímetros (2 in) de peralte por dos coma cinco (2,5) centímetros (1 in) de patín, de una longitud tal que sobresalga sesenta y tres coma cinco (63,5) milímetros (2½ in) de cada lado de la pila o pilote, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma, y tendrá dos (2) perforaciones de quince coma ocho (15,8) milímetros

( $\frac{5}{8}$  in) de diámetro, una en cada extremo del canal y ambas coincidentes con las perforaciones de la solera del lingote de zinc.

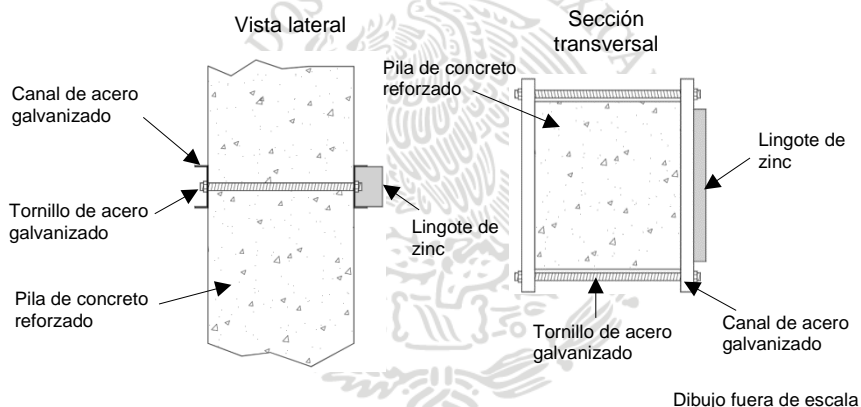


FIGURA 2.- Ejemplo de un lingote de zinc instalado en una pila de concreto reforzado de sección rectangular

**D.2.1.2.** Los dos (2) canales de acero galvanizado indicados en el Párrafo anterior estarán unidos mediante dos (2) tornillos de acero galvanizado de cuerda sin fin de quince coma ocho (15,8) milímetros ( $\frac{5}{8}$  in) de diámetro, con cuatro (4) tuercas de acero galvanizado de quince coma ocho (15,8) milímetros ( $\frac{5}{8}$  in) de diámetro.

**D.2.2.** Los elementos de sujeción de cada lingote de zinc para pilas o pilotes de sección circular, serán dos (2) cinchos de acero al carbono como los mostrados en la Figura 3 de esta Norma, de treinta y ocho coma un (38,1) milímetros (1,5 in) de ancho y seis (6) milímetros ( $\frac{1}{4}$  in) de espesor, con un recubrimiento galvanizado de cero coma cero dos (0,02) milímetros de espesor; los cinchos contarán en sus extremos opuestos con remates en forma de oreja que puedan ser unidos mediante un tornillo de acero galvanizado de quince coma ocho (15,8) milímetros ( $\frac{5}{8}$  in) de diámetro. La solera del lingote podrá fijarse a los cinchos mediante remaches de acero al carbono que cuenten con un recubrimiento galvanizado.

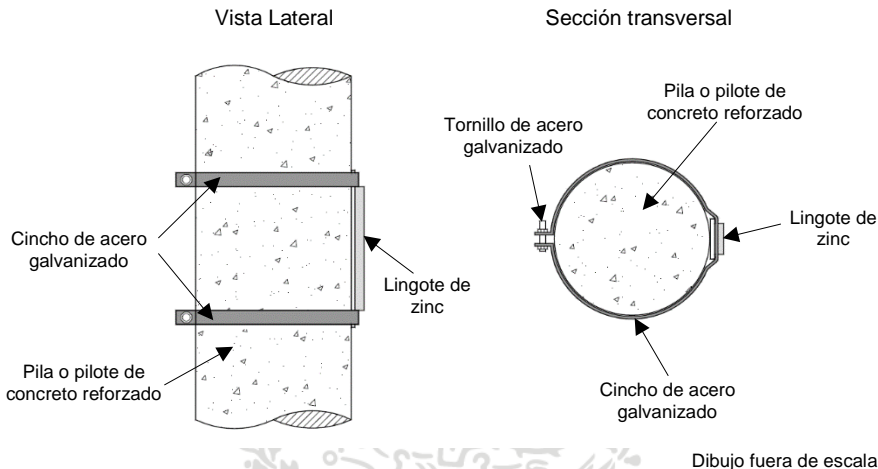


FIGURA 3.- Ejemplo de un lingote de zinc instalado en una pila de concreto reforzado de sección circular

### D.3. PLACA DE CONEXIÓN

La placa de conexión a que se refiere la Fracción G.4. de esta Norma, fabricada en acero galvanizado, será circular de seis coma treinta y cinco (6,35) centímetros (2,5 in) de diámetro y tres coma diecisiete (3,17) milímetros ( $\frac{1}{8}$  in) de espesor, con un orificio al centro de nueve coma cinco (9,5) milímetros ( $\frac{3}{8}$  in) de diámetro.

**D.4.** No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en las Fracciones D.1. a D.3. de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista de Obra.

**D.5.** Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en las Fracciones D.1. a D.3. de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

**E. EQUIPO**

El equipo que se utilice en la instalación de las cubiertas integrales de zinc, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su elección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

**E.1. ESCARIFICADORA DE CONCRETO**

Manual, de motor a gasolina, eléctrico o neumático, capaz de dejar en el concreto de la pila o pilote una superficie de máxima adherencia con el mortero de relleno.

**E.2. EQUIPO DE TERMOROCIADO**

Capaz de proyectar zinc fundido a cuatrocientos veinte (420) grados Celsius, con una presión de cuatrocientos catorce (414) kilopascales (60 lb/in<sup>2</sup>) como mínimo.

**E.3. MULTÍMETRO**

Capaz de permitir lecturas de voltaje de corriente continua, con rango de impedancia de entrada de diez (10) a doscientos (200) megaohms y de funcionar con baterías.

**E.4. MEDIDOR DE ESPESORES**

Digital, magnético, capaz de tomar lecturas de espesores de recubrimientos no ferrosos sobre superficies ferrosas y no ferrosas, de veinticinco (25) a mil doscientos setenta (1270) micrómetros (0,001 a 0,050 in).

**E.5. PACHÓMETRO**

Capaz de detectar la posición y dirección de las varillas del acero de refuerzo en un elemento de concreto reforzado.

**E.6. EQUIPO AUXILIAR**

Andamios, pasarelas manuales o mecánicas, canastillas simples o montadas en camión, mamparas, tapias perimetrales o cualquier otro dispositivo cuya versatilidad permita acercar y retirar el equipo, materiales y personal en las áreas de trabajo; garantizar la seguridad de los trabajadores y del público en general; preservar las condiciones ambientales y evitar la caída de materiales o herramientas.

**F. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

**F.1.** El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra. Se sujetarán, en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

**F.2.** En su caso, los desperdicios o residuos se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositados en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolos al banco de desperdicios lo más pronto posible.

**G. EJECUCIÓN****G.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Para la instalación de las cubiertas integrales de zinc se considerará lo señalado en la Cláusula D. de la Norma N·LEG-3, *Ejecución de Obras*.



## G.2. TRABAJOS PREVIOS

### G.2.1. Identificación de pilas o pilotes

Previamente al inicio de la instalación de las cubiertas integrales de zinc, el Contratista de Obra identificará las pilas o pilotes de concreto reforzado indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría, donde se instalarán dichas cubiertas.

### G.2.2. Instalación de señales y dispositivos de seguridad

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista de Obra instalará las señales y los dispositivos de seguridad que se requieran, de acuerdo con lo indicado en el Inciso D.4.10. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, considerando lo siguiente:

- G.2.2.1. Previamente a la instalación del señalamiento y dispositivos para protección en la obra se definirá la localización y disposición de las marcas, señales verticales y dispositivos en los lugares establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- G.2.2.2. Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación del señalamiento y los dispositivos para protección en la obra. La Secretaría verificará en cada zona de obra que las marcas, señales verticales y dispositivos se mantengan correctamente instalados y conservados durante todo el tiempo que duren los trabajos y suspenderá cualquier actividad en esos sitios cuando su señalamiento y dispositivos sean modificados en forma desfavorable o no sean debidamente conservados.
- G.2.2.3. El Contratista de Obra proporcionará el número de bandereros que se requieran, considerando cuando menos dos (2).
- G.2.2.4. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de instalación de las cubiertas integrales de zinc mientras no se cumpla con lo establecido en este Inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por



concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

### G.3. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO

Una vez instaladas las señales y los dispositivos de seguridad a que se refiere el Inciso G.2.2. de esta Norma, el Contratista de Obra preparará las superficies de concreto reforzado de las pilas o pilotes donde se instalará cada cubierta integral de zinc, considerando lo siguiente:

- G.3.1.** En cada pila o pilote de concreto reforzado se marcarán los límites de la superficie por proteger indicada en el proyecto, donde se instalará el encamisado y se aplicará el metalizado de zinc. El área para el encamisado será al menos desde cincuenta (50) centímetros por arriba de la marca del nivel de marea alta hasta cincuenta (50) centímetros por debajo de la marca del nivel de marea baja. El área para el metalizado de zinc será de tres (3) a cinco (5) metros cuadrados, medida a partir de quince (15) centímetros por debajo del borde superior del encamisado considerando el perímetro de la sección transversal de la pila o pilote por proteger.
- G.3.2.** El Contratista de Obra limpiará en cada pila o pilote de concreto reforzado las áreas indicadas en el Inciso anterior, de acuerdo con lo indicado en las normas SSPC-SP No.10/ NACE No.2, *Joint Surface Preparation Standard: Near-White Metal Blast Cleaning*, SSPC-CS 23.00/AWS C2.23M/NACE No.12, *Specification for the Application of Thermal Spray Coatings (Metallizing) of Aluminum, Zinc, and Their Alloys and Composites for the Corrosion Protection of Steel*, y SSPC-SP 1, *Solvent Cleaning*, removiendo todo material extraño a la superficie de concreto como grasa, óxido, polvo, aceites y suciedad, de tal manera que dicha limpieza brinde las mejores condiciones para lograr la máxima adherencia del recubrimiento de zinc.
- G.3.3.** Todas las fisuras de hasta cero coma tres (0,3) milímetros de anchura, se rellenarán con una lechada de cemento-arena fina en proporción de uno a dos coma setenta y cinco (1:2,75); no se permitirá el empleo de resinas poliméricas para este fin.

- G.3.4.** En caso de que la pila o pilote presente daños en el concreto como delaminaciones, desprendimientos, fisuras o grietas mayores de cero coma tres (0,3) milímetros de anchura, el Contratista de Obra reparará dichos daños de acuerdo con lo indicado en la Norma N-CSV-CAR-3-03-003, *Reparaciones y Resanes en Elementos de Concreto*.
- G.3.5.** No se permitirá la aplicación del metalizado de zinc y la instalación del encamisado hasta que la limpieza y en su caso las reparaciones hayan sido verificadas visualmente por un representante de la Secretaría en la obra.
- G.3.6.** El Contratista de Obra escarificará en cada pila o pilote de concreto el área superficial indicada en el Inciso G.3.1. de esta Norma donde se instalará el encamisado, cuidando que la superficie escarificada permita la máxima adherencia del mortero de relleno.

#### **G.4. INSTALACIÓN DE PLACA DE CONEXIÓN**

El Contratista de Obra instalará en cada pila o pilote de concreto una placa metálica de conexión para la cubierta integral de zinc, considerando lo siguiente:

- G.4.1.** En el área donde se aplicará el metalizado y empleando el pachómetro, se localizará una varilla del acero de refuerzo de la pila o pilote de concreto y se marcará su ubicación.
- G.4.2.** En el lugar ubicado en el Inciso anterior, se demolerá una superficie de aproximadamente cinco (5) centímetros de diámetro hasta encontrar la varilla del acero de refuerzo de la pila o pilote de concreto.
- G.4.3.** Se soldará un tornillo de acero inoxidable de nueve coma cinco (9,5) milímetros de diámetro ( $\frac{3}{8}$  in) a la varilla indicada en el Inciso anterior y se verificará con un multímetro la continuidad eléctrica entre la varilla de refuerzo y el tornillo.
- G.4.4.** Se rellenará el hueco con una mezcla de mortero de cemento Pórtland-arena en una proporción de uno a dos coma setenta y cinco (1:2,75) restituyendo la superficie de la pila o pilote de concreto a su condición original.

- G.4.5.** Después de fraguado el mortero, se colocará la placa de conexión sujetándola firmemente al tornillo con una tuerca de acero inoxidable. El tornillo sobresaldrá de la tuerca como máximo dos coma uno (2,1) centímetros ( $\frac{5}{8}$  in) de longitud. El tornillo y la tuerca se protegerán temporalmente a fin de evitar que sean metalizados con zinc.

## **G.5. APLICACIÓN DEL METALIZADO DE ZINC**

Una vez instalada la placa de conexión el Contratista de Obra aplicará en cada pila o pilote de concreto el metalizado de zinc, considerando lo siguiente:

- G.5.1.** Sobre la superficie para el metalizado indicada en Fracción G.3. de esta Norma, se aplicará por termorociado un recubrimiento de película de zinc de trescientos setenta y cinco (375) a quinientos (500) micrómetros (0,015 a 0,020 in) de espesor, de apariencia uniforme, homogénea y libre de escurrimientos y discontinuidades.
- G.5.2.** A una distancia no mayor de cincuenta (50) centímetros arriba o a un lado del perímetro de la placa de conexión, se ubicará una superficie de forma cuadrada de cinco (5) centímetros por lado que permanecerá libre del metalizado.

## **G.6. INSTALACIÓN DEL CABLE DE CONEXIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**

El Contratista de Obra instalará en cada pila o pilote de concreto el cable de conexión del acero de refuerzo, considerando lo siguiente:

- G.6.1.** En el área inmediata superior al nivel de marea baja y empleando el pachómetro, se localizará una varilla del acero de refuerzo de la pila o pilote de concreto y se marcará su ubicación.
- G.6.2.** En el lugar ubicado en el Inciso anterior, se demolerá una superficie de aproximadamente cinco (5) centímetros de diámetro hasta encontrar la varilla del acero de refuerzo de la pila o pilote de concreto.

- G.6.3.** Se soldará a la varilla indicada en el Inciso anterior un cable de cobre recubierto de calibre diez (10) AWG, de una longitud tal que le permita alcanzar la caja de conexiones eléctricas a que se refiere la Fracción G.8. de esta Norma y se verificará con un multímetro la continuidad eléctrica entre la varilla de refuerzo y el cable de cobre.
- G.6.4.** Se rellenará el hueco con una mezcla de mortero de cemento Pórtland-arena en una proporción de uno a dos coma setenta y cinco (1:2,75) restituyendo la superficie de la pila o pilote de concreto a su condición original.

## **G.7. INSTALACIÓN DEL LINGOTE DE ZINC**

El Contratista de Obra colocará en cada pila o pilote de concreto reforzado un lingote de zinc, considerando lo siguiente:

- G.7.1.** El Contratista de Obra ubicará la posición del lingote de zinc a una distancia no menor de veinticinco (25) centímetros del extremo inferior del encamisado.
- G.7.2.** El lingote de zinc se sujetará a la pila o pilote de concreto empleando los elementos de sujeción del lingote que se describen en la Fracción D.2. de esta Norma, apretando firmemente sus tornillos. Las Figuras 2 y 3 de esta Norma muestran los ejemplos de un lingote de zinc instalado.

## **G.8. COLOCACIÓN DE LA CAJA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS**

Una vez hecho el metalizado, el Contratista de Obra colocará en la pila o pilote de concreto reforzado una caja de conexiones eléctricas con las características indicadas en la Fracción D.5. de la Norma N-CMT-2-10-004, *Cubiertas Integrales de Zinc*, ubicada abajo de la placa de conexión a que se refiere la Fracción G.4. de esta Norma, fijando la caja al concreto por medio de cuatro (4) tornillos que aseguren su inmovilidad. No se permitirá utilizar estos tornillos para fijar el contenido de la caja.

## **G.9. COLOCACIÓN DEL TUBO DE CONEXIÓN**

El Contratista de Obra colocará en cada pila o pilote de concreto reforzado el tubo de conexión formado por un tramo de tubo rígido de PVC, considerando lo siguiente:

- G.9.1.** Una vez colocada la caja de conexiones eléctricas se instalará el tubo de conexión de PVC rígido de treinta y uno coma ocho (31,8) milímetros (1¼ in) de diámetro interior, desde el lado inferior de la caja hasta el sitio donde quedará el extremo superior del encamisado.
- G.9.2.** El tubo de conexión será de una sola pieza, no se permitirán cortes, conectores o empalmes, excepto en su extremo superior que contará con un cople o conector roscado que se conectará a la caja de conexiones eléctricas mediante una tuerca de PVC.

## **G.10. INSTALACIÓN DEL ENCAMISADO**

El Contratista de Obra colocará en cada pila o pilote de concreto reforzado el encamisado, considerando lo siguiente:

- G.10.1.** Previo a la colocación del encamisado, se marcarán sobre su superficie los niveles de marea alta y baja, y se ubicará el punto intermedio entre dichas marcas, donde se realizará una perforación de siete coma cinco (7,5) centímetros (3 in) de diámetro, que servirá para el puerto de mediciones. En la Figura 1 de esta Norma se muestra el ejemplo de una cubierta integral de zinc con la ubicación del puerto de mediciones y los niveles de marea.
- G.10.2.** Una vez instalado el lingote de zinc como se indica en la Fracción G.7. de esta Norma, el Contratista de Obra colocará el encamisado alrededor de la pila o pilote de concreto reforzado cubriendo el área indicada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, cuidando que los dos (2) cables de conexión de la malla de zinc del encamisado, el cable de conexión del acero de refuerzo y el cable de conexión del lingote de zinc sean colocados en el interior del encamisado y lleguen hasta la caja de conexiones eléctricas a través del tubo de conexión.

- G.10.3.** En el orificio a que se refiere el Inciso G.10.1. de esta Norma, se colocará el puerto de mediciones formado por un tubo de PVC de cinco (5) centímetros (2 in) de diámetro interior con tapa roscada y de una longitud tal que el extremo sin tapa permanezca en contacto con la superficie de la pila o pilote de concreto reforzado que se protege. Provisionalmente el tubo se afianzará al encamisado mediante un empaque de papel u otro material, de manera que permanezca fijo durante la colocación del mortero de relleno.
- G.10.4.** El encamisado se apoyará en su extremo inferior sobre una base temporal de madera a modo de cimbra y se verificará la ubicación de los separadores en el interior de la cubierta, de modo que durante la colocación del mortero de relleno y el tiempo de fraguado, el encamisado conserve su posición y se mantenga el espacio anular interior requerido. Además, a lo largo del encamisado se colocarán temporalmente marcos formados con travesaños de madera, que eviten que se separe el sistema de junteo machihembrado del encamisado por efecto de la presión lateral que se produzca durante la colocación del mortero de relleno.
- G.10.5.** El Contratista de Obra sellará el fondo del encamisado de manera tal que se eviten fugas o derrames del mortero durante el relleno o el tiempo de fraguado, o el ingreso de agua dulce o de mar al interior del encamisado. Una vez concluido el sellado, el agua atrapada dentro del encamisado se retirará por bombeo y se dejará secar su interior.
- G.10.6.** Una vez colocados los cables de conexión en el tubo de conexión y fijado el encamisado en su base temporal, se preparará el mortero de relleno a base de cemento Pórtland, arena para concreto hidráulico y agua. La utilización de morteros poliméricos y ceniza o escoria en la mezcla, no será permitida en ningún caso. La resistencia a la compresión simple del mortero de relleno será de veintisiete coma cinco (27,5) megapascales (280 kg/cm<sup>2</sup>) para encamisados de hasta cincuenta y cinco coma ocho (55,8) centímetros de diámetro interior en sección circular o de lado mayor interior en sección rectangular, o de treinta y cuatro coma tres (34,3) megapascales (350 kg/cm<sup>2</sup>) para encamisados de mayor



tamaño. En cualquier caso la arena para concreto hidráulico cumplirá con los requisitos de calidad indicados en la Norma N-CMT-2-02-002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*.

- G.10.7.** El espesor del relleno entre la superficie de concreto de la pila o pilote y la pared interior de la cubierta integral de zinc será de cinco (5) centímetros con una tolerancia de más menos un ( $\pm 1$ ) centímetro.
- G.10.8.** El relleno del encamisado se realizará empleando equipo de bombeo comenzando el vertido desde el fondo del encamisado y con flujo continuo hasta cinco (5) centímetros antes de su límite superior. Los cinco (5) centímetros restantes de relleno se colocarán manualmente; una vez concluido el relleno se formará un chaflán de cinco (5) centímetros en el borde superior del encamisado.
- G.10.9.** La base temporal de madera, sus elementos de sujeción y los marcos temporales serán removidos después de setenta y dos (72) horas de haberse efectuado el relleno del encamisado.

## **G.11. MEDICIONES ELÉCTRICAS Y PRUEBAS PREVIAS A LA CONEXIÓN**

Previo a la conexión del lingote de zinc y la malla de zinc del encamisado, el Contratista de Obra realizará, en cada pila o pilote de concreto reforzado, las pruebas y mediciones eléctricas siguientes:

### **G.11.1. Mediciones eléctricas en el metalizado de zinc**

- G.11.1.1.** Se medirá con el multímetro el potencial de corrosión (*E<sub>corr</sub>*) del metalizado de zinc, colocando el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto sin metalizado indicada en el Inciso G.5.2. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa al tornillo de la placa de conexión. Asimismo, se tomará una segunda lectura del potencial de corrosión del metalizado de zinc pero ahora con el electrodo de referencia colocado dentro del agua.



El valor del potencial de corrosión del metalizado con el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto y el valor del potencial de corrosión del metalizado con el electrodo de referencia dentro del agua se registrarán en el reporte de instalación.

**G.11.1.2.** Se medirá con el multímetro la corriente eléctrica de salida del metalizado, conectando la terminal negativa del multímetro al tornillo de la placa de conexión y la terminal positiva sobre la superficie de concreto sin metalizado indicada en el Inciso G.5.2. de esta Norma y se registrará dicho valor en amperes en el reporte de instalación.

### **G.11.2. Mediciones eléctricas en el acero de refuerzo**

Se medirá con el multímetro el potencial de corrosión (*E<sub>corr</sub>*) del acero de refuerzo, colocando el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto a través del puerto de mediciones indicado en el Inciso G.10.3. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa al cable conectado al acero de refuerzo a que se refiere la Fracción G.6. de esta Norma. Asimismo, se tomará una segunda lectura del potencial de corrosión del acero de refuerzo pero ahora con el electrodo de referencia colocado dentro del agua. Se registrarán dichos valores en el reporte de instalación.

### **G.11.3. Mediciones eléctricas en la malla de zinc del encamisado y en el lingote de zinc**

**G.11.3.1.** Se medirá con el multímetro la resistencia eléctrica entre la malla de zinc del encamisado y el acero de refuerzo; se registrará dicho valor en ohms en el reporte de instalación.

**G.11.3.2.** Se medirá con el multímetro la resistencia eléctrica entre el lingote de zinc y el acero de refuerzo; se registrará dicho valor en ohms en el reporte de instalación.

**G.11.3.3.** Se medirá con el multímetro el potencial de corrosión (*E<sub>corr</sub>*) de la malla de zinc del encamisado, colocando el

electrodo de referencia sobre la superficie de concreto a través del puerto de mediciones indicado en el Inciso G.10.3. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa a los cables conectados a la malla de zinc. Asimismo, se tomará una segunda lectura del potencial de corrosión de la malla de zinc pero ahora con el electrodo de referencia colocado dentro del agua. El valor del potencial de corrosión de la malla de zinc con el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto y el valor del potencial de corrosión de la malla de zinc con el electrodo de referencia dentro del agua se registrarán en el reporte de instalación.

**G.11.3.4.** Se medirá con el multímetro el potencial de corrosión (*E<sub>corr</sub>*) del lingote de zinc, colocando el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto a través del puerto de mediciones indicado en el Inciso G.10.3. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa al cable conectado al lingote de zinc. Asimismo, se tomará una segunda lectura del potencial de corrosión del lingote de zinc pero ahora con el electrodo de referencia colocado dentro del agua. El valor del potencial de corrosión del lingote de zinc con el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto y el valor del potencial de corrosión del lingote de zinc con el electrodo de referencia dentro del agua se registrarán en el reporte de instalación.

#### **G.11.4. Prueba de continuidad eléctrica**

**G.11.4.1.** Se verificará con el multímetro que exista continuidad eléctrica entre el lingote de zinc y el acero de refuerzo, entre la malla de zinc y el acero de refuerzo, y entre el metalizado de zinc y dicho acero.

**G.11.4.2.** En el caso de que no haya continuidad eléctrica entre el acero de refuerzo y alguno de los elementos indicados en el Párrafo anterior el Contratista de Obra reemplazará el elemento defectuoso por su cuenta y costo a

satisfacción de la Secretaría. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

## **G.12. CONEXIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA**

El Contratista de Obra conectará los cables de conexión de la malla de zinc del encamisado, del lingote de zinc y del acero de refuerzo en la caja de conexiones eléctricas en cada pila o pilote de concreto reforzado, considerando lo siguiente:

- G.12.1.** Previo al cableado del tubo de conexión a que se refiere la Fracción G.9. de esta Norma, el Contratista de Obra verificará que el tubo esté completamente fijo y limpio.
- G.12.2.** Antes de introducir los cables de conexión en el tubo, se arreglarán de tal modo que se evite el enredo de los mismos y se identificarán sus extremos.
- G.12.3.** La introducción de los cables de conexión se realizará mediante las acciones conjuntas de jalado y guía de los mismos, introducidos en un solo tramo sin cortes o conexiones y evitando que queden tensos.
- G.12.4.** Las conexiones entre los cables se realizarán empleando terminales eléctricas, cubriéndolas con doble cinta aislante.

## **G.13. MEDICIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA EN MARCHA**

Una vez realizada la conexión eléctrica del sistema de protección catódica, el Contratista de Obra realizará en cada cubierta integral de zinc las mediciones eléctricas siguientes:

- G.13.1.** Se medirá con el multímetro el potencial eléctrico de la malla de zinc del encamisado y del lingote de zinc, colocando el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto sin metalizado indicada en el Inciso G.5.2. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa a los cables conectados de la

mallas de zinc del encamisado y del lingote de zinc, y se registrará dicho valor en milivolts en el reporte de instalación.

- G.13.2.** Se medirá con el multímetro el potencial eléctrico de la malla de zinc del encamisado y del lingote de zinc, colocando el electrodo de referencia sobre la superficie de concreto a través del puerto de mediciones indicado en el Inciso G.10.3. de esta Norma y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa a los cables conectados de la malla de zinc del encamisado y del lingote de zinc, y se registrará dicho valor en milivolts en el reporte de instalación.
- G.13.3.** Se medirá con el multímetro el potencial eléctrico de la malla de zinc del encamisado y del lingote de zinc, colocando el electrodo de referencia dentro del agua y conectando la terminal positiva del multímetro al electrodo de referencia y la terminal negativa a los cables conectados de la malla de zinc del encamisado y del lingote de zinc, y se registrará dicho valor en milivolts en el reporte de instalación.
- G.13.4.** Se verificará que el valor del potencial eléctrico en cualquiera de las mediciones indicadas en los Incisos G.13.1. a G.13.3. de esta Norma, se encuentre en un rango de entre menos ochocientos cincuenta (-850) y menos un mil (-1 000) milivolts respecto al electrodo de referencia.
- G.13.5.** Después de al menos setenta y dos (72) horas de permanecer conectado el sistema de protección catódica, el Contratista de Obra desconectará el sistema de protección y medirá con el multímetro el potencial eléctrico del acero de refuerzo como se indica en el Inciso G.11.2. de esta Norma, tan pronto se desconecte el sistema, así como a las cuatro (4) y a las veinticuatro (24) horas después de la desconexión, y se registrarán dichos valores en milivolts en el reporte de instalación, verificando que el valor de la diferencia del potencial eléctrico del acero de refuerzo, medidas a las cuatro (4) y a las veinticuatro (24) horas después de la desconexión, en al menos una de las mediciones, sea de cien (100) milivolts como mínimo respecto al valor registrado inmediatamente después de la desconexión del sistema. Una

vez realizada la última medición se conectarán nuevamente el sistema.

#### **G.14. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Durante la instalación de las cubiertas integrales de zinc, el Contratista de Obra tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación de las aguas, conforme a lo señalado en la Norma N.CSV.PUE-5-01-001, *Prácticas Ambientales durante la Conservación y Rehabilitación de Obras*, y sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

#### **G.15. CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación de las cubiertas integrales de zinc, hasta que hayan sido recibidas por la Secretaría.

### **H. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

**H.1.** Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que las cubiertas integrales de zinc se consideren terminadas y sean aceptadas por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

#### **H.1.1. Calidad de los materiales**

Que los materiales cumplan con las características establecidas como se indica en la Cláusula D. de esta Norma.

#### **H.1.2. Preparación de la superficie de concreto**

Que la superficie de concreto donde se instalará cada cubierta integral de zinc haya sido preparada como se indica en la Fracción G.3. de esta Norma.

#### **H.1.3. Instalación de placa de conexión**

Que la placa de conexión haya sido instalada de acuerdo con lo indicado la Fracción G.4. de esta Norma.

#### H.1.4. Aplicación del metalizado de zinc

Que el espesor y la adherencia del metalizado de zinc sean los establecidos en la Fracción G.5. de esta Norma, determinados en el número de cubiertas integrales indicadas en la Tabla 1 de esta Norma de acuerdo con el número de cubiertas instaladas, seleccionadas al azar conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*, considerando lo siguiente:

**TABLA 1.- Número de cubiertas integrales de zinc por seleccionar de acuerdo con el número de cubiertas instaladas**

Número de cubiertas instaladas	Cubiertas por seleccionar
1	1
2 a 15	2
16 a 25	3
26 a 90	5
91 ó más	8

##### H.1.4.1. Espesor

- a) El espesor del metalizado seco se medirá con el equipo de medición de espesores en dos (2) puntos opuestos, seleccionados al azar, en el área de metalizado de cada cubierta integral seleccionada.
- b) En caso de que el espesor del metalizado de zinc en una o varias de las cubiertas integrales seleccionadas no cumpla con el valor indicado en la Fracción G.5. de esta Norma, se verificará el espesor del metalizado en todas las cubiertas colocadas y el Contratista de Obra aplicará una capa adicional del recubrimiento de película de zinc en todas las áreas deficientes de cada cubierta, extendiendo el recubrimiento al menos a treinta (30) centímetros cuadrados. Las reparaciones al metalizado

defectuoso las realizará el Contratista de Obra por su cuenta y costo a satisfacción de la Secretaría. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

#### **H.1.4.2. Adherencia**

- a) La prueba de adherencia del metalizado seco se realizará en un (1) punto seleccionado al azar del área de metalizado de cada cubierta integral seleccionada. La prueba de adherencia se realizará de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM D 4541-09, *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*.
- b) En caso de que la adherencia del recubrimiento de zinc en una o varias cubiertas integrales seleccionadas no cumpla con la prueba indicada en el Punto anterior, se verificará la adherencia de metalizado en todas las cubiertas colocadas y el Contratista de Obra retirará el recubrimiento de zinc defectuoso de cada cubierta integral y aplicará un nuevo metalizado de zinc de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.5. de esta Norma. Las reparaciones al metalizado defectuoso las realizará el Contratista de Obra por su cuenta y costo a satisfacción de la Secretaría. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

#### **H.1.5. Instalación del cable de conexión del acero de refuerzo**

Que el cable de conexión del acero de refuerzo haya sido instalado de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.6. de esta Norma.

#### **H.1.6. Instalación del lingote de zinc**

Que el lingote de zinc haya sido instalado de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.7. de esta Norma.



**H.1.7. Instalación del encamisado**

Que el encamisado haya sido instalado de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.10. de esta Norma.

**H.1.8. Colocación de la caja de conexiones eléctricas**

Que la caja de conexiones eléctricas haya sido colocada de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.8. de esta Norma.

**H.1.9. Colocación de tubo de PVC**

Que el tubo de PVC haya sido colocado de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.9. de esta Norma.

**H.1.10. Mediciones eléctricas y prueba previas a la conexión**

Que las mediciones eléctricas y la prueba previas a la conexión hayan sido realizadas de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.11. de esta Norma.

**H.1.11. Conexión del sistema de protección catódica**

Que la conexión del lingote de zinc, de la malla de zinc del encamisado y del acero de refuerzo, en la caja de conexiones, haya sido realizada de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.12. de esta Norma.

**H.1.12. Mediciones eléctricas de puesta en marcha**

**H.1.12.1.** Que las mediciones eléctricas de puesta en marcha de cada cubierta integral hayan sido realizadas de acuerdo con lo indicado en la Fracción G.13. de esta Norma.

**H.1.12.2.** Que el valor del potencial eléctrico en cualquiera de las mediciones eléctricas indicadas en los Incisos G.13.1. a G.13.3. de esta Norma, se encuentre en un rango de entre menos ochocientos cincuenta (-850) y menos un mil (-1 000) milivolts respecto al electrodo de referencia.

**H.1.12.3.** Que el valor de la diferencia del potencial eléctrico del acero de refuerzo, en al menos una de las mediciones

indicadas en el Inciso G.13.5. de esta Norma, sea de al menos cien (100) milivolts respecto al valor registrado inmediatamente después de desconectado el sistema.

**H.1.12.4.** En caso de que alguna de las dos mediciones eléctricas indicadas en los Párrafos H.1.12.2. y H.1.12.3. no cumpla con los valores allí señalados, el Contratista de Obra realizará las modificaciones necesarias o reemplazará el elemento defectuoso por su cuenta y costo a satisfacción de la Secretaría. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

### **H.1.13. Residuos**

Que la disposición final de todos los residuos producto de la instalación, se haya hecho como se indica en la Fracción F.2. de esta Norma.

**H.2.** Para que las cubiertas integrales de zinc sean aceptadas, es requisito indispensable entregar a la Secretaría lo siguiente:

#### **H.2.1. Garantía del Contratista de Obra**

El Contratista de Obra emitirá y entregará a la Secretaría una garantía de calidad, que avale que las cubiertas integrales de zinc operen correctamente y que sus componentes no presenten deficiencias, como corrosión, agrietamientos, deformaciones y desprendimientos de sus partes, en condiciones normales de servicio durante un (1) año después de recibidas por la Secretaría. En el caso de que se presente alguna deficiencia en el funcionamiento de las cubiertas o en sus componentes durante el plazo de esta garantía, el Contratista de Obra realizará las reparaciones que sean necesarias, a satisfacción de la Secretaría, sin cargo alguno para ella.

#### **H.2.2. Certificados del fabricante**

El Contratista de Obra entregará a la Secretaría los certificados de calidad emitidos por los fabricantes de los

componentes de las cubiertas integrales de zinc, que avalen el cumplimiento de todos y cada uno de los requisitos de calidad establecidos en las Fracciones D.1., D.2. y D.3. de esta Norma, y que incluya los valores y resultados de las mediciones y pruebas que les hayan sido efectuadas a dichos componentes por laboratorios debidamente acreditados o que estén reconocidos por la Secretaría.

### **H.2.3. Reporte de instalación**

El Contratista de Obra entregará a la Secretaría un reporte de instalación de las cubiertas integrales de zinc que contendrá como mínimo la información siguiente:

- Una descripción detallada de los trabajos de instalación de las cubiertas integrales de zinc.
- Planos definitivos de la instalación de cada cubierta integral de zinc y sus componentes con suficiente detalle que faciliten los trabajos de inspección, mantenimiento y reconstrucción.
- Todos los resultados de las distintas mediciones eléctricas y pruebas realizadas a cada cubierta integral de zinc previas a la conexión y durante la puesta en marcha del sistema de protección catódica, junto con la evaluación e interpretación de los valores obtenidos.

## **I. MEDICIÓN**

Cuando la instalación de las cubiertas integrales de zinc se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Cláusula E. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, para determinar el avance o cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad la cubierta integral de zinc instalada, según su tipo y dimensiones.

## **J. BASE DE PAGO**

Cuando la instalación de las cubiertas integrales de zinc se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de

## CSV. CONSERVACIÓN

### PUE. PUERTOS

N.CSV.PUE-4-02-006/17

acuerdo con lo indicado en la Cláusula I. de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para la cubierta integral de zinc terminada, de acuerdo con su tipo y dimensiones. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, incluyen lo que corresponda por:

- Valor de adquisición o fabricación del encamisado, el lingote de zinc y sus elementos de sujeción, el alambre de zinc, la placa de conexión, la caja de conexiones eléctricas, el mortero de relleno y demás materiales necesarios para su instalación, incluyendo mermas y desperdicios, carga, transporte y descarga de todos los materiales hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- Identificación de la pila o pilote de concreto reforzado por proteger.
- Preparación de la superficie de concreto.
- Instalación de la placa de conexión.
- Aplicación del metalizado de zinc.
- Instalación del cable de conexión del acero del refuerzo.
- Instalación del lingote de zinc.
- Instalación del encamisado, incluyendo la colocación y retiro de la base temporal de madera, sus elementos de sujeción y los marcos temporales que se utilicen.
- Colocación del mortero de relleno.
- Colocación de la caja de conexión.
- Colocación de los tubos de PVC para la conexión de los cables y para el puerto de mediciones.
- Mediciones eléctricas previas la conexión de las cubiertas integrales de zinc.
- Conexión del sistema de protección catódica.

- Mediciones eléctricas de puesta en marcha del sistema de protección catódica.
- Carga, acarreo hasta el sitio o banco de desperdicios que indique el proyecto o que apruebe la Secretaría, descarga y colocación en la forma que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, de los desperdicios o residuos que no se utilicen en la obra.
- Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales, durante las cargas y las descargas.
- La conservación de las cubiertas integrales de zinc hasta que hayan sido recibidas por la Secretaría.
- En su caso, el equipo de alumbrado y su operación.
- El señalamiento y dispositivos de seguridad.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

### **K. ESTIMACIÓN Y PAGO**

La estimación y pago de las cubiertas integrales de zinc, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*.

### **L. RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Una vez concluida la instalación de las cubiertas integrales de zinc, la Secretaría las aprobará y al término de la obra las recibirá conforme con lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I. de la misma Norma.

# SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS  
AV. COYOACÁN 1895  
COL. ACACIAS  
CIUDAD DE MÉXICO, 03240  
WWW.GOB.MX/SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
NUEVA YORK 115, 4º PISO  
COL. NÁPOLES  
CIUDAD DE MÉXICO, 03810  
WWW.IMT.MX  
NORMAS@IMT.MX