

N° de Documento: NRF-070-PEMEX-2004	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN
Rev.: 0	
Fecha: 16 de enero del 2005	
PÁGINA 1 DE 19	

SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS.

	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
		Página 2 de 19

HOJA DE APROBACIÓN.

ELABORA:

ING. MANUEL PACHECO PACHECO
 COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:

ING. LUIS RAMIREZ CORZO
 PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
 DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:

ING. VICTOR RAGASOL BARBEY
 PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
 DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 3 de 19

CONTENIDO	PAGINA
0. INTRODUCCIÓN	4
1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. CAMPO DE APLICACIÓN	5
4. ACTUALIZACIÓN	5
5. REFERENCIAS	5
6. DEFINICIONES	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	7
7.1 Símbolos.....	7
7.2 Abreviaturas.....	7
8. DESARROLLO	8
8.1 Generalidades.....	8
8.2 Componentes principales del sistema de protección a tierra.....	8
8.2.1 Electroodos.....	9
8.2.2 Conductores.....	10
8.2.3 Terminal aérea.....	11
8.2.4 Conectores	11
8.2.5 Moldes para soldaduras exotérmicas.....	12
8.2.6 Material de ignición y fundente para las soldaduras exotérmicas.....	12
8.2.7 Compuesto químico para el mejoramiento del terreno.....	12
8.2.8 Barra de distribución de tierra.....	13
8.2.9 Tubería tipo conduit para la protección del conductor de puesta a tierra.....	13
8.2.10 Abrazadera.....	13
8.2.11 Base de la terminal aérea.....	13
8.2.12 Tubo de concreto.....	13
8.3 Materiales especiales.....	13
8.3.1 Compuesto químico anticorrosivo.....	13
8.3.2 Aisladores.....	14
8.4 Herramientas y Equipos.....	14
8.4.1 Herramientas.....	14
8.4.2 Equipos	14
8.5 Pruebas.....	15
8.6 Manuales de información técnica de los componentes del sistema.....	15
9. RESPONSABILIDADES	15
9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.....	15
9.2 Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Exploración y Producción.....	15
9.3 Contratistas, Proveedores y Prestadores de Servicio.....	16
10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	16
11. BIBLIOGRAFÍA	16
12. ANEXOS	17
12.1 Conectores mecánicos a compresión.....	17
12.2 Conectores mecánicos atornillables.....	17
12.3 Conexiones de soldaduras exotérmicas.....	18

	<p style="text-align: center;">SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS</p>	<p style="text-align: center;">No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004</p>
<p style="text-align: center;">COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>		<p style="text-align: center;">Rev.: 0</p>
		<p style="text-align: center;">Página 4 de 19</p>

0. INTRODUCCIÓN.

Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios en cumplimiento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), y con la facultad que le confiere la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público (LAASSP) y la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas (LOPSRM), expide la presente Norma de Referencia para la instalación de Sistemas de Protección a Tierra para instalaciones petroleras, a fin de prevenir los riesgos por descargas eléctricas indeseables.

Dentro de las principales actividades que se realizan en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, se encuentra el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones para la extracción, recolección, separación, transformación, refinación, almacenamiento, medición y transporte de hidrocarburos, así como la adquisición de materiales y equipos requeridos para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de la Empresa.

Participaron en la elaboración de esta Norma de Referencia Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, instituciones, empresas y consultores técnicos que se indican a continuación.

- Pemex Exploración y Producción.
- Pemex Refinación.
- Pemex Gas y Petroquímica Básica.
- Pemex Petroquímica.
- Petróleos Mexicanos.
- Instituto Mexicano del Petróleo.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas.
- Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.
- Comisión Federal de Electricidad.

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos mínimos para la adquisición de los sistemas de protección a tierra para las instalaciones en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

2. ALCANCE.

Esta Norma de Referencia establece las características técnicas que deben cumplir los materiales para su adquisición en sistemas de protección a tierra para las instalaciones de PEMEX y Organismos Subsidiarios. Esta Norma de Referencia no incluye el diseño, instalación ni mantenimiento de un sistema de protección a tierra.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 5 de 19

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma de Referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición de materiales, equipos y herramientas para sistemas de protección a tierra, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación, licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN.

Esta Norma de Referencia se debe revisar o, en su caso, modificar al menos cada 5 años o antes si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma deben enviarse a la Unidad de Normatividad Técnica, la cual debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y, en su caso, inscribirla dentro del Programa Anual de Normalización de Petróleos Mexicanos, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Las propuestas y sugerencias de cambio deben dirigirse por escrito a:

PEMEX Exploración y Producción.

Coordinación de Normalización.

Dirección: Bahía del Espíritu Santo S/N, Planta Baja, Col. Verónica Anzures, México D.F. C.P. 11300.

Teléfono directo: 1944-9286; Conmutador 1944-2500, ext. 38080 y 32654 (fax).

e-mail: mpachecop@pep.pemex.com

5. REFERENCIAS.

5.1 NOM-008-SCFI-2002. Sistema General de Unidades de Medida.

5.2 NOM-063-SCFI-2001. Productos eléctricos – Conductores – Requisitos de Seguridad.

5.3 NMX-J-010-ANCE-1996. Conductores con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, para instalaciones hasta 600 V – Especificaciones.

5.4 NMX-J-534-ANCE-2001. Tubos (Conduit) de acero tipo pesado para la protección de conductores eléctricos y sus accesorios – Especificaciones y métodos de prueba.

5.5 NMX-J-012-ANCE-2002. Conductores - Cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos-Especificaciones.

5.6 NMX-J-212-ANCE-2003. Conductores - Resistencia, resistividad y conductividad eléctrica - Método de prueba.

	<p style="text-align: center;">SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS</p>	<p style="text-align: center;">No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004</p>
<p style="text-align: center;">COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>		<p style="text-align: center;">Rev.: 0</p>
		<p style="text-align: center;">Página 6 de 19</p>

6. DEFINICIONES.

Para efectos de esta Norma de Referencia se establecen las siguientes definiciones:

- 6.1 A tierra:** Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.
- 6.2 Alambre:** Conductor eléctrico metálico de un solo hilo y de sección circular.
- 6.3 Barra de distribución de tierra:** Barra rectangular de cobre a la que se conectan físicamente un cierto número de conductores de puesta a tierra.
- 6.4 Base de la terminal:** Dispositivo mecánico de metal fundido en la cual se sujeta la terminal aérea.
- 6.5 Bronce:** Aleación de cobre y estaño. La proporción del estaño respecto al cobre varía entre el 10% y el 25%, proporción que aumenta la dureza del material. Esta aleación es muy maleable y resistente a la corrosión.
- 6.6 Cable:** Conductor eléctrico flexible formado por varios alambres trenzados, el cable puede ser desnudo o aislado y de forma redonda o concéntrica.
- 6.7 Clase I:** Estructuras Ordinarias que no excedan de 23 metros de altura.
- 6.8 Clase II:** Estructuras que excedan de 23 metros de altura.
- 6.9 Cobre electrolítico:** Cobre con un contenido mínimo de 99,9% de cobre más plata.
- 6.10 Conductor de bajada:** Elemento conductor destinado a ofrecer una trayectoria a la corriente que va de la punta del pararrayos hacia un electrodo de tierra o al el sistema general de tierra.
- 6.11 Conductor desnudo:** Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.
- 6.12 Conector:** Dispositivo de conexión para partes puestas a tierra de un circuito eléctrico, capaz de soportar durante un tiempo específico corrientes eléctricas en condiciones anormales como las de un corto circuito.
- 6.13 Conexión:** Unión efectiva y permanente de los elementos metálicos para formar una trayectoria eléctrica, la cual debe garantizar la continuidad y la capacidad para conducir en forma segura cualquier corriente transitoria impuesta.
- 6.14 Electrodo:** Elemento en contacto íntimo (enterrado) con el suelo, que descarga a tierra las corrientes eléctricas nocivas y mantiene un potencial de tierra equilibrado en todos los conductos que estén conectados a él.
- 6.15 Equipo:** Término general que incluye dispositivos electrónicos, aparatos electrodomésticos, luminarias, equipo eléctrico en general como pueden ser motores, transformadores, etc, y aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.
- 6.16 Resistencia:** Es la propiedad de los materiales a oponerse al paso de la corriente eléctrica.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 7 de 19

6.17 Resistividad: Es la resistencia eléctrica específica de un material y se determina sobre una muestra de material que tenga la unidad de longitud, y la unidad de sección transversal.

6.18 Sistema de Puesta a Tierra: Configuración de dispositivos y conductores eléctricos destinada a la protección del personal y equipo eléctrico contra variaciones transitorias de voltaje y corriente eléctrica.

6.19 Soldadura exotérmica: Conexión permanente entre conductores de cobre, electrodos de puesta a tierra y/o metales de acero al carbón, unión a nivel molecular producto de una reacción exotérmica.

6.20 Terminal aérea: Dispositivo metálico receptor de descargas atmosféricas.

6.21 Tubo (conduit): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular y sección circular.

6.22 Unión: Conexión mecánica o exotérmica de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica.

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

7.1 Símbolos.

Ω Unidad de resistencia (Ohm).

μ s Micro segundo (millonésima parte de un segundo).

V Unidad de tensión eléctrica (Volt).

7.2 Abreviaturas.

Las abreviaturas empleadas en esta norma son:

- **AISI** American Iron and Steel Institute--Instituto Americano del Hierro y Acero.
- **ANCE** Asociación de Normalización y Certificación A.C.
- **ANSI** American National Standards Institute--Instituto Nacional Americano de Normalización.
- **ASTM** American Society For Testing Materials--Asociación Americana de Pruebas para Materiales.
- **AWG** American Wire Gauge--Calibre de Alambre Americano.
- **ECOL** Ecología.
- **IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers--Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- **NFPA** National Fire Protection Association--Asociación Nacional de Protección contra Incendios.
- **NMX** Norma Mexicana.
- **NOM** Norma Oficial Mexicana.
- **NRF** Norma de Referencia.
- **UL** Underwriters Laboratories--Laboratorios Aseguradores.
- **m** metro.

	<p style="text-align: center;">SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS</p>	<p style="text-align: center;">No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004</p>
<p style="text-align: center;">COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>		<p style="text-align: center;">Rev.: 0</p>
		<p style="text-align: center;">Página 8 de 19</p>

- **cm** centímetro.
- **mm** milímetro.
- **c.a.** corriente alterna.
- **PVC** Poly Vinyl Chloride--Policloruro de Vinilo.
- **psi** Pound per Square Inch--Libra por pulgada cuadrada.
- **MPa** mega-Pascal.
- **mil in** milésima de pulgada.
- **N-m** Newton por metro.
- **in** inch—pulgada.
- **ft** foot—pie.

8. DESARROLLO.

8.1 Generalidades.

Puesto que el sistema de tierra debe proporcionar un medio seguro para drenar las corrientes de falla a tierra, de rayo, estáticas y de retorno, es necesario que durante el diseño e instalación se seleccionen los materiales cuyas características garanticen este objetivo.

Los materiales y equipos seleccionados deben cumplir con las características técnicas descritas en esta norma y con las normas nacionales y/o internacionales que en esta norma se mencionen. Éstos deben poseer un certificado expedido por un organismo verificador.

8.2 Componentes principales del sistema de protección a tierra.

Los principales componentes de un sistema de protección a tierra son:

Electrodos.

Conductores de tierra y de bajada (pararrayos).

Conectores a compresión.

Conectores mecánicos.

Moldes para soldaduras exotérmicas.

Material de ignición y fundente para soldaduras exotérmicas.

Compuestos químico para el mejoramiento del terreno.

Terminal aérea.

Tubo de concreto.

Cada elemento del sistema de tierra debe cumplir con las siguientes características:

- Resistencia a la corrosión
- Conductividad eléctrica*

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 9 de 19

- Capacidad de corriente
- Resistencia mecánica
- Libre de compuestos tóxicos que dañen el medio ambiente.

*Para 100% de conductividad de los materiales fabricados con cobre templado se considera el valor de resistividad proporcionado por la norma ASTM B157 igual a 0,153 280 Ω -g/m² a 293,15K (20°C).

8.2.1 Electrodo.

8.2.1.1 Electrodo tipo varilla. La varilla debe ser de acero inoxidable o de acero con recubrimiento de cobre. El espesor del recubrimiento de cobre debe ser como mínimo de 254 μ m (10 milésimas de pulgada), el diámetro mínimo de 16 mm y la longitud mínima de 2,4 m. Uno de los dos extremos de la varilla debe terminar en punta. La vida promedio de los electrodos debe ser como mínimo de 30 años. El electrodo debe estar aprobado por la norma UL 467 o equivalente.

El acero debe ser estirado en frío y sus características de acuerdo al acero AISI 1018 o equivalente. El recubrimiento debe aplicarse mediante proceso electrolítico y cumplir con la norma ASTM B-152 o equivalente.

En la parte superior, las varillas deben tener grabado, de manera indeleble, el nombre o marca del fabricante, longitud, diámetro, y el logo del organismo verificador a 300 mm a partir del extremo redondo.

Las varillas deben tener una resistencia a la tensión dentro del rango, de acuerdo a AISI 1018 o equivalente, que indica la siguiente tabla.

Diámetro de la varilla Mm (in)	Elasticidad MPa	Elasticidad (psi)
16 (5/8)	551,6 - 689,5	80 000 -100 000
19 (3/4)		
25,4 (1)		

Recubrimiento de cobre para diferentes tipos de varillas de acero, de acuerdo a UL- 467.

Espesor del recubrimiento mm (mil in)	Diámetro mm (in)	Longitud m (ft)
0,254 (10)	16 (5/8)	3,05(8)
0,254 (10)	19 (3/4)	3,05(8)
0,254 (10)	19 (3/4)	3,05(10)
0,254 (10)	19 (3/4)	3,65(12)
0,254 (10)	19 (3/4)	4,60(15)
0,254 (10)	25,4 (1)	3,05(10)

8.2.1.2 Electrodo químicos. El electrodo químico debe ser un tubo de cobre o material equivalente, resistente a efectos corrosivos, con diámetro interno no menor de 50 mm y espesor de 2,0 mm. En el fondo del tubo una tapa debe proteger el contenido y, en la parte superior, una tapa removible. La carga química debe consistir de 60 por ciento de cloruro de sodio y un 40 por ciento de cloruro de calcio o una mezcla equivalente en resistividad que no cause corrosión al electrodo químico ni sea tóxica para el ser humano y no contamine el ambiente. El llenado de la carga debe realizarse en el proceso de fabricación.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 10 de 19

La longitud del electrodo debe ser como mínimo de 3 m cuando éste sea vertical, cuando tenga la forma de L, la parte horizontal debe ser de 3 m como mínimo y la parte vertical de 0,80 m. La vida útil del electrodo químico debe ser de 30 años.

El electrodo debe estar provisto de un conductor soldado exotérmicamente que permita una conexión al sistema de tierra, el calibre del conductor debe ser como mínimo de 107,2 mm² (4/0 AWG) y su longitud no debe ser menor a 1,0 m.

El electrodo debe tener pequeñas perforaciones en la parte superior e inferior que le permitan la entrada y salida de agua.

Los electrodos químicos deben tener grabado el nombre o marca del fabricante, longitud, diámetro, además, deben contar con el logo del organismo verificador.

Los electrodos químicos deben estar aprobados por la norma UL 467 o algún organismo equivalente.

8.2.2 Conductores.

Los conductores para el sistema de tierra deben cumplir con lo especificado en el punto 8.2 de esta norma.

8.2.2.1 Conductores de cobre desnudos. Los conductores deben ser fabricados con conductores de cobre electrolítico, con un contenido mínimo de 99.9% de pureza. El cableado concéntrico, temple semiduro, clase B. La fabricación y las pruebas del conductor deben cumplir con lo establecido en la normas NOM-063-SCFI-2001, NMX-J-012-ANCE-2002 y NMX-J-212-ANCE-2003.

8.2.2.2 Conductores de cobre aislados. El conductor debe ser de cobre electrolítico, trenzado, con aislamiento de PVC, tipo THHW LS, monopolar, para 600 V y temperatura de 363,15 K (90° C), color verde. Las características físicas de los conductores y aislamientos deben cumplir con lo especificado en la norma NOM-063-SCFI-2001.

8.2.2.3 Conductor de bajada.

8.2.2.3.1 Clase I. El conductor de bajada debe estar compuesto de conductores trenzados de cobre electrolítico, con un contenido mínimo de 99.9% de pureza. El conductor debe estar compuesto de 28 hilos como mínimo y un diámetro mínimo total de 9,60 mm.

8.2.2.3.2 Clase II. Este conductor también debe estar compuesto de conductores trenzados de cobre electrolítico, con un contenido mínimo de 99.9% de pureza. El conductor debe tener 28 hilos como mínimo y un diámetro mínimo total de 12,0 mm.

8.2.2.4 Conductor de bajada para torres de telecomunicaciones. El conductor debe ser un cable compuesto por conductores de cobre electrolítico, trenzado, con aislamiento de PVC, tipo THHW LS, monopolar, para 600 V y temperatura de 363,15 K (90° C), color verde. Las características físicas de los aislamientos de los conductores deben cumplir con lo especificado en la norma NOM-063-SCFI-2001.

El calibre del conductor debe de ser de acuerdo a la clase, clase I 67,43 mm² (2/0 AWG) y Clase II 107,2 mm² (4/0 AWG).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 11 de 19

8.2.3 Terminal aérea.

8.2.3.1 Clase I. La terminal aérea debe ser una pieza sólida de cobre, acero inoxidable o aleaciones de cobre, longitud no menor de 254 mm y con un diámetro no menor a 9,5 mm. La parte roscada de la terminal debe tener como mínimo cinco cuerdas y la cuerda debe ser estándar. La punta de la terminal puede ser en pico o semiesférica.

8.2.3.2 Clase II. La terminal aérea debe ser una pieza sólida de cobre, acero inoxidable o aleaciones de cobre, longitud no menor de 254 mm y con un diámetro no menor a 12,7 mm. La parte roscada de la terminal debe tener como mínimo cinco cuerdas y la cuerda debe ser estándar. La punta de la terminal puede ser en pico o semiesférica.

8.2.4 Conectores.

8.2.4.1 Conectores mecánicos a compresión. Los conectores mecánicos a compresión deben ser de cobre o aleación más resistente a la corrosión como es el caso del bronce al silicio. El cobre debe cumplir con los requerimientos de la norma ASTM B152 o equivalente. Los conectores deben estar protegidos contra la corrosión por un revestimiento de estaño no menor a 0,25 mm (10 milésimas de pulgada) de espesor. Los conectores a compresión no deben deformarse, agrietarse o romperse al instalarse y, además, deben mantener el contacto con el elemento conectado, durante su tiempo de vida útil.

El conector no debe presentar bordes filosos o esquinas superficiales que puedan dañar el aislamiento de los cables al contacto. En caso de que los conectores contengan algún compuesto químico para evitar la corrosión, el mismo debe cumplir con lo especificado en el punto 8.3.1.

La conductividad y la resistencia mecánica de los conectores no deben deteriorarse con el medio ambiente. Al momento de la compresión los conectores no deben producir chispa que pueda generar una explosión o incendio. Ver anexo 1 para diferentes conectores mecánicos a compresión.

Los conectores deben tener grabado el nombre o marca del fabricante, calibre o diámetro de los elementos a unirse y el logo del organismo verificador.

8.2.4.2 Conectores mecánicos atornillables. Los conectores mecánicos atornillables deben ser de cobre, bronce o aleación de cobre con propiedades eléctricas equivalentes. El cobre debe cumplir con los requerimientos de la norma ASTM B152 o equivalente. Los conectores deben estar protegidos contra la corrosión por un revestimiento de estaño no menor a 0,25 mm (10 milésimas de pulgada) de espesor. Los conectores mecánicos deben ser construidos de manera que aseguren el contacto con el elemento conectado durante su tiempo de vida útil.

En caso de que los conectores contengan algún compuesto químico para evitar la corrosión, el mismo debe cumplir con lo especificado en el punto 8.3.1.

Los conectores deben tener grabado el nombre o marca del fabricante, calibre o diámetro de los elementos a unirse y el logo del organismo verificador. Ver anexo 2 para diferentes conectores mecánicos atornillables.

La tornillería de los conectores mecánicos debe ser de bronce al silicio, de acuerdo a la norma ASTM B96 o equivalente, o una aleación equivalente que cumpla con las características físicas y químicas dadas en la norma anterior.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 12 de 19

La tornillería de los conectores mecánicos debe soportar el torque mínimo indicado en la siguiente tabla

Tornillería de bronce al silicio	
Tamaño del tornillo mm (pulgada)	Torque N-m (libras-pulgada)
6,35 (1/4)	23 (205)
9,5 (3/8)	27 (240)
10,3 (13/32)	32 (288)
11,1 (7/16)	41(360)
13 (1/2)	54 (480)
14,2 (9/16)	65 (576)
16 (5/8)	75 (660)

8.2.5 Moldes para soldaduras exotérmicas.

Los moldes para soldaduras exotérmicas deben ser de grafito resistente a altas temperaturas, aproximadamente 1 673,15K (1 400°C). La vida útil de un molde de grafito debe ser como mínimo de 50 soldaduras exotérmicas.

No se aceptan moldes que permitan la formación de burbujas o porosidad en la soldadura.

Los moldes deben tener un marcado permanente que indique el nombre del fabricante o marca, el modelo del molde, el tipo y el tamaño de la carga, el calibre del cable de conexión o el tipo de conexión a barra o bus. Ver anexo 3 para las soldaduras más comunes.

8.2.6 Material de ignición y fundente para las soldaduras exotérmicas.

El material de ignición debe ser de aluminio, cobre y óxidos de hierro, libre de fósforo o sustancias que puedan ser explosivas, tóxicas o cáusticas.

El material fundente para las conexiones con soldaduras exotérmicas debe contener óxido de cobre, aluminio y no menos de 3% de estaño como material absorbente de humedad.

Los paquetes que contengan las cargas del material fundente deben estar identificados con el número o tamaño de la carga y el tipo de aplicación e instalación.

Los contenedores de las cargas no deben permitir que el material de la carga se humedezca. También deben prevenir que el material se derrame.

Tanto el material fundente como el de ignición deben estar dentro del mismo contenedor.

El material fundente utilizado en las soldaduras exotérmicas de baja emisión debe estar bien identificado en su contenedor.

8.2.7 Compuesto químico para el mejoramiento del terreno.

El compuesto químico debe cumplir con las especificaciones del punto 8.2. Además, debe ser de servicio permanente y libre de mantenimiento. Una vez instalado, el material no debe depender de la presencia continua de agua en el terreno para mantener su conductividad.

Los compuestos químicos utilizados para el mejoramiento del terreno, no deben tener una resistividad mayor a 1,0 ohm-m. Se proporcionan algunos valores de resistividad de compuestos químicos como referencia.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 13 de 19

Material	Resistividad (ohm-m)
Concreto	30-90
Bentonita	2,5
Sal	0,2
Carbón mineral	0,1

8.2.8 Barra de distribución de tierra.

Las barras de distribución de tierra deben ser de cobre con espesor mínimo de 6,35 mm por 102 mm de ancho y longitud de 305 mm, además, deben estar estañadas. Los barrenos deben ser de un diámetro no menor a 11,11 mm. La cantidad de barrenos debe ser especificado en la fase de diseño. Las características de la barra deben ser de acuerdo a la norma ASTM B187 o equivalente.

8.2.9 Tubería tipo conduit para la protección del conductor de puesta a tierra.

La tubería tipo conduit debe ser fabricada de acero galvanizado por inmersión en caliente, de pared gruesa, tipo pesado. La longitud de los tramos del tubo conduit debe ser de 3,05 metros. Cada tramo debe ir marcado de modo claro y duradero de conformidad con la norma del producto. Diámetro mínimo de 19 mm.

La fabricación y las pruebas de la tubería deben cumplir con lo establecido en la norma mexicana NMX-J-534-ANCE-2001.

8.2.10 Abrazadera.

Las abrazaderas deben ser de mecanismo de sujeción tipo sinfín fabricadas de material de acero inoxidable o acero al carbón galvanizado, calibre 22 con espesor mínimo de 0,71 mm (0,028 in) y 1,5 cm de ancho.

8.2.11 Base de la terminal aérea.

La base de la terminal aérea debe ser de cobre, bronce o acero inoxidable, con rosca estándar.

8.2.12 Tubo de concreto.

El tubo de concreto debe tener un diámetro mínimo de 30 cm y su superficie debe tener un acabado terso libre de roturas o grietas, laminaciones o superficies que presenten salientes de más de tres milímetros. Cada tubo debe tener grabado, en un extremo, marca o identificación del fabricante. Los tubos de concreto deben cumplir con las especificaciones y pruebas de la especificación PEMEX P.4.0141.01 vigente.

8.3 Materiales especiales.

8.3.1 Compuesto químico anticorrosivo.

El compuesto utilizado para evitar la oxidación, debe producir una resistencia de contacto inicial baja, sellar de manera que no permita la existencia de aire ni humedad en el área de contacto, inhibir la corrosión, soportar condiciones ambientales extremas, proporcionar alta conductividad en la unión. Debe ser anti-inflamable. Además, el compuesto no debe ser tóxico para el ser humano ni contaminar el ambiente. El compuesto debe estar certificado por los laboratorios UL o equivalente.

El compuesto químico no debe causar daño físico a los elementos del sistema.

	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
		Página 14 de 19

8.3.2 Aisladores.

Los aisladores deben ser de poliéster termoestable reforzado con fibra de vidrio o resina epóxica, resistente al fuego, color rojo, con capacidad de aislamiento de 2 700 V. Fabricados según la norma IEC-60168 o equivalente.

8.4 Herramientas y Equipos.

8.4.1 Herramientas.

8.4.1.1 Pinza para corrugar. La pinza debe ser metálica con una alta resistencia mecánica mayor al esfuerzo requerido en la instalación del conector. La pinza puede contar con sistema de accionamiento mecánico, neumático, eléctrico o hidráulico. Las pinzas hidráulicas manuales deben proporcionar una potencia máxima de compresión de 12 toneladas y estar provistas de una válvula o mecanismo que permita liberar la presión cuando la compresión del conector haya concluido. La presión a liberar por el mecanismo debe ser de 68,95 MPa (10 000 psi) como mínimo.

El mecanismo de compresión de las pinzas debe ser seguro sin producir chispa al momento de compresión para evitar una explosión o incendio. Las pinzas no deben dañar a los conectores al momento de su instalación.

Las pinzas deben estar aprobadas por UL o equivalente.

8.4.2 Equipos.

8.4.2.1 Medidor de resistividad (Telurómetro).

- *Equipo de medición portátil.
- *Rango de frecuencia de medición 50 a 160 Hz.
- *Rango de resistividad 0 - 20 k Ω /m ó mejor.
- *Precisión \pm 3% ó mejor.
- *Voltaje máximo de salida 60 V.
- *Temperatura de trabajo de 273,15 a 313,15 K (0 a 40°C) ó mejor.
- *Autonomía mínima de 2 horas mediante baterías internas.
- *Capacidad para almacenar mediciones.
- *Programa de software compatible con Windows 98 y versiones más actuales.
- *Transferencia de las mediciones a una PC.
- *2 pinzas abrazaderas.
- *Longitud de cable entre picas de 20 m.
- *Dos picas de acero inoxidable de 30 cm de longitud y 14 mm de diámetro.

8.4.2.2 Medidor de resistencia de puesta a tierra (Telurómetro de alta frecuencia). Debe ser un medidor de resistencia de puesta a tierra para altas frecuencias. Puesto que las descargas atmosféricas están asociadas a frecuencias de miles de Hertz y debe cumplir con las siguientes características técnicas:

- *Equipo de medición portátil.
- *Frecuencia de medida entre 250 Hz y 1 MHz.

	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
		Página 15 de 19

*Rango de resistencias 0-300Ω.

*Precisión ± 3% ó mejor.

*Autonomía mínima de 2 horas mediante baterías internas.

*Longitud de cable entre picas de 20 m.

*Capacidad para almacenar mediciones.

*Programa de software compatible con Windows 98 y versiones más actuales.

*Transferencia de las mediciones a una PC.

*Dos picas de acero inoxidable de 30 cm de longitud y 14 mm de diámetro.

8.5 Pruebas.

Todos los materiales deben cumplir con las pruebas que en su momento se hayan señalado en esta norma o en las normas por las que estén aprobados.

- Prueba del espesor del recubrimiento de cobre electrolítico. (UL 467-14.3-14.9 ó equivalente.).
- Prueba de resistividad de materiales conductores de electricidad. (ASTM B 193 ó equivalente.).
- Prueba de resistencia mecánica para materiales metálicos. (ASTM E 8M ó equivalente.).
- Prueba de análisis químico para aleaciones de cobre. (ASTM E 478 ó equivalente.).
- Prueba de análisis químico para aleación de cobre-silicio. (ASTM E 54 ó equivalente.).

8.6 Manuales de información técnica de los componentes del sistema.

Los proveedores deben entregar información técnica de todos los materiales suministrados. El contenido de la información técnica debe ser el correspondiente al producto adquirido. La información técnica debe describir detalladamente el procedimiento de instalación, asimismo la descripción de las herramientas a utilizar en cada caso. Se debe mencionar la vida útil del producto. Si se requiere mantenimiento o reemplazo de piezas, las refacciones deben ser de las mismas características y estar disponibles en el mercado.

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Vigilar que se apliquen los requisitos y recomendaciones de esta NRF, en las adquisiciones de materiales utilizados en la Instalación de Sistemas de Tierra en construcciones terrestres como Edificios, Terminales Terrestres de Almacenamiento, Distribución y/o Procesamiento, etc.

9.2 Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Exploración y Producción.

Establecer comunicación con las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Empresas Filiales, así como fabricantes y proveedores de materiales y equipos electromecánicos y de servicios, para mantener su contenido y requerimientos actualizados, con el fin de asegurar que la adquisición de materiales para la Instalación de Sistemas de Protección a Tierra cumplan con las especificaciones y características requeridas.

	<p style="text-align: center;">SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS</p>	<p style="text-align: center;">No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004</p>
<p style="text-align: center;">COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>		<p style="text-align: center;">Rev.: 0</p>
		<p style="text-align: center;">Página 16 de 19</p>

9.3 Contratistas, Proveedores y Prestadores de Servicio.

Deben cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en esta NRF cuando realicen actividades propias en la adquisición de los materiales utilizados en la Instalación de Sistemas de Protección a Tierra.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

Esta Norma de Referencia no concuerda con ninguna norma internacional.

11. BIBLIOGRAFÍA.

- 11.1 **ASTM B152.** Standard Specification for Copper Sheet, Strip, Plate and Rolled Bar.
- 11.2 **ASTM B187** Standard Specification for Copper, Bus Bar, Rod and Shapes and General Purpose Rod, Bar and Shapes.
- 11.3 **UL STD. 96.** Standard for Lightning Protection Components 4th Ed.
- 11.4 **UL STD. 96A.** Standard for Installation Requirements For Lightning Protection Systems 11th Ed.
- 11.5 **UL STD. 467.** Standard for Grounding and Bonding Equipment 7th Ed.
- 11.6 **UL STD. 486A.** Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs for Use With Copper Conductors.
- 11.7 **IEEE-837-1989.** Standard for Qualifying Permanent Connections Used in Substation Grounding.
- 11.8 **NFPA 780** Standard For The Installation Of Lightning Protection Systems.
- 11.9 **IEC-60168** Test on Indoor and Outdoor Post Insulator of Ceramic Material or Glass for Systems with Nominal Voltages Greater than 1 000 V.
- 11.10 **CNPMOS-001.** Guía para la Emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (26 de Julio de 2001).
- 11.11 **PRACTICAL GUIDE TO ELECTRICAL GROUNDING –W. KEITH SWITZER, ERICO PUBLICATION.**
- 11.12 **BURNDY MASTER CATALOGUE MC-00, FCI FRAMATOME GROUP 2003.**
- 11.13 **ERITECH GROUNDING PRODUCTS CATALOG.**
- 11.14 **CADWELD WELDED ELECTRICAL CONNECTIONS CATALOG.**
- 11.15 **CRITEC SURGE PROTECTION CATALOG.**
- 11.16 **THERMOWELD ELECTRICAL CONNECTIONS CATALOG.**

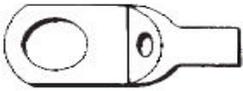
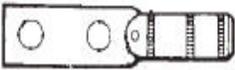
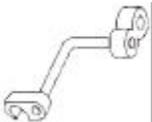
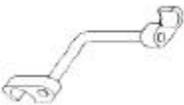
 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A TIERRA PARA INSTALACIONES PETROLERAS	No. de Documento NRF-070-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		Página 17 de 19

11.17 CATALOGO MEXWELD- CONECTORES SOLDABLES.

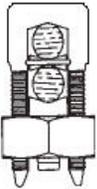
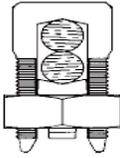
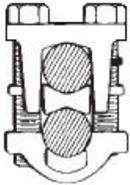
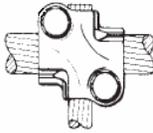
11.18 PEMEX P.4.0141.01. Tubos de concreto para drenajes industriales-Control de calidad, muestreo y pruebas.

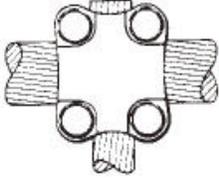
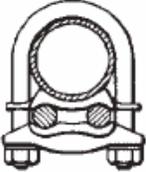
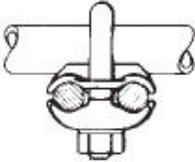
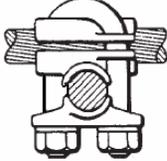
12. ANEXOS.

12.1 Conectores mecánicos a compresión.

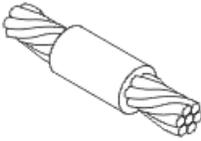
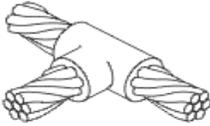
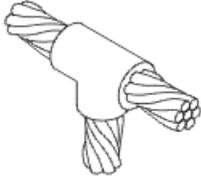
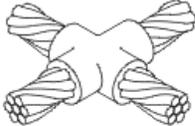
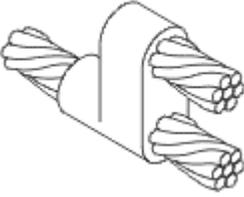
	Conector a compresión para conexiones terminales de cable.		Conector a compresión para conexiones con derivaciones de cable.
	Conector a compresión para conexiones terminales de cable.		Conector a compresión para conexiones terminales de cable.
	Conector a compresión para conexiones de cable a varilla.		Conector a compresión para conexiones de cable y varilla.
	Conector a compresión para conexiones de derivaciones de cables.		Conector a compresión para conexiones de derivaciones de cables.

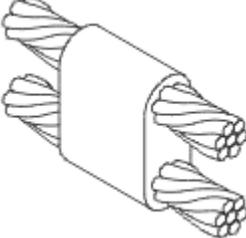
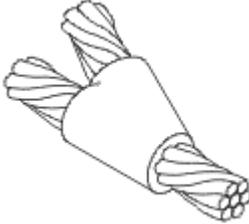
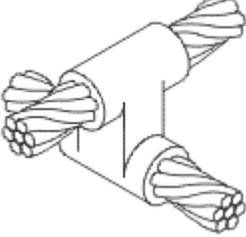
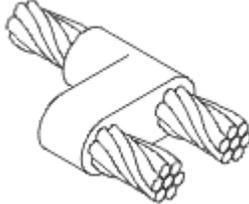
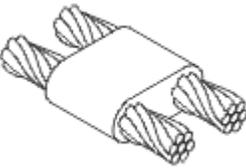
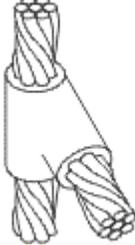
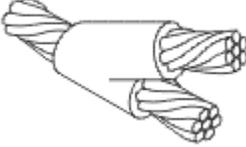
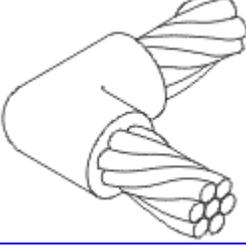
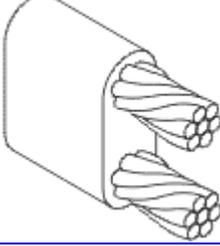
12.2 Conectores mecánicos atornillables.

	Conector mecánico triangular de tornillo abierto para conexiones de paso a un cable horizontal de derivación.		Conector mecánico de tornillo abierto para conexiones de paso a un cable horizontal de derivación.
	Conector mecánico de dos piezas para conexiones de paso a un cable horizontal de derivación.		Conector mecánico para conexiones T.

	<p>Conector mecánico para conexiones en cruz.</p>	 	<p>Conector mecánico tipo uña con tornillo de ranura.</p> <p>Conector mecánico tipo uña con tornillo cabeza plana.</p>
	<p>Conector mecánico tipo "U" con tornillos y tuercas para conexiones de cable a varilla a 90°.</p>		<p>Conector mecánico tipo "U" con tornillos y tuercas para conexiones de cable a varilla en forma paralela o 90°.</p>
	<p>Conector mecánico tipo "U" con tornillos y tuercas para conexiones de cables a varilla en forma perpendicular.</p>		<p>Conector mecánico tipo "U" con tornillos y tuercas para conexiones de cables en forma de cruz.</p>

12.3 Conexiones de soldaduras exotérmicas.

	<p>Unión a tope/horizontal Para Conexiones a tope.</p>		<p>Unión en T/horizontal para conexiones horizontales de un cable de paso a un cable horizontal de derivación.</p>
	<p>Unión en T/vertical derivación hacia abajo Conexiones verticales de un cable de paso a un cable vertical de derivación.</p>		<p>Unión en cruz (x)/horizontal cable de derivación cortado Conexiones horizontales de dos cables en ángulo recto. Uno de los conductores se corta y el otro es de paso.</p>
	<p>Unión a tope/vertical</p>		<p>Unión de derivación paralela/horizontal para conexiones horizontales de un cable de paso a un cable horizontal paralelo de derivación.</p>

	<p>Unión de derivación paralela/horizontal paso y derivación para conexiones horizontales de cables paralelos de paso. Un cable corre paralelo encima del otro en el molde.</p>		<p>Unión tipo Y/horizontal Especificar si es lado derecho o izquierdo</p>
	<p>Unión en cruz (X)/horizontal (cables sin cortar) para conexiones horizontales de dos cables sobrepuestos en ángulo recto.</p>		<p>Unión de derivación paralela/horizontal (lado a lado)</p>
	<p>Unión de derivación paralela/horizontal Paso y derivación (lado a lado)</p>		<p>Unión tipo Y/vertical Derivación hacia abajo</p>
	<p>Unión tipo Y/horizontal Derivación hacia arriba</p>		<p>Unión tipo Y/vertical derivación hacia arriba</p>
	<p>Unión a tope tipo codo/horizontal</p>		<p>Unión tipo terminación/horizontal</p>