

N° de Documento: PROY-NRF-047-PEMEX-2002	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
Rev.: 0	
Fecha: 26 de agosto de 2002	
PÁGINA 1 DE 44	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EPLORACION Y PRODUCCION

DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

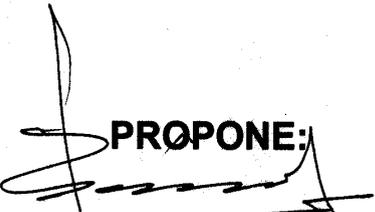
PÁGINA 2 de 44

HOJA DE APROBACIÓN

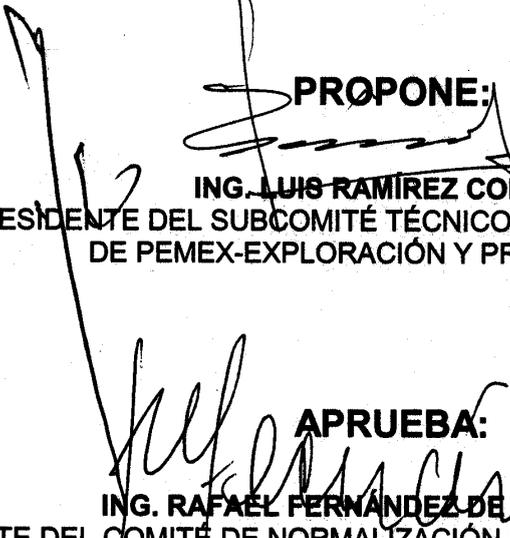
ELABORA:


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. RAFAEL FERNÁNDEZ DE LA GARZA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

México, D.F., a 26 de agosto de 2002.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
NRF-047-PEMEX-2001

Rev.: 0

PÁGINA 3 de 44

CONTENIDO

CAPÍTULO	PAGINA
0. INTRODUCCION	4
1. OBJETIVO	5
2. ALCANCE	5
3. CAMPO DE APLICACION	5
4. ACTUALIZACION	5
5. REFERENCIAS	6
6. DEFINICIONES	6
7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	8
8. DESARROLLO	9
8.1. Generalidades	9
8.2. Diseño	12
8.3. Instalación	21
8.4. Mantenimiento	25
8.5. Materiales	27
8.6. Seguridad Industrial y Protección Ambiental	29
8.7. Documentación y Registros	30
9. RESPONSABILIDADES	30
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES	32
11. BIBLIOGRAFÍA	32
12. ANEXOS	33

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 4 de 44</p>
--	--	---

0. INTRODUCCIÓN

En las estructuras o tuberías de acero enterradas o sumergidas, existen muchas formas de corrosión, producidas por diferentes causas que inciden en el deterioro del metal. Diversos factores afectan sustancialmente, el tipo y velocidad de corrosión en una estructura en contacto con el suelo o con los diferentes ambientes que la rodean.

Existen métodos para prevenir y controlar la corrosión, como las barreras físicas, inhibidores de corrosión y los sistemas de protección catódica, éste último consiste en obligar a la estructura a funcionar como cátodo en una celda de corrosión, mediante la modificación de factores electroquímicos.

Debido a que la protección catódica es uno de los métodos más efectivos para el control de la corrosión de estructuras enterradas o sumergidas, es necesario fijar los parámetros normativos de éstos sistemas.

Cualquier ducto o estructura mencionada en esta norma, debe protegerse catódicamente en toda su longitud, de acuerdo con los criterios establecidos, a menos que se tenga un estudio técnico que indique que deba utilizarse otro tipo de protección adicional al recubrimiento dieléctrico.

Lista de participantes:

Pemex Exploración y Producción

Petroleos Mexicanos

Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex.Petroquímica

Pemex Refinación

Instituto Mexicano del Petróleo

Metalúrgica Avanzada S.A. de C.V.

Arpasa Protección Catódica S.A. de C.V.

Comercializadora Eléctrica y Electrónica Méndez S.A. de C.V.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 5 de 44</p>
--	--	---

1. OBJETIVO

Establecer los criterios, metodologías y requisitos mínimos, para el diseño, selección de materiales, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica en estructuras enterradas o sumergidas, utilizadas para la explotación, transporte y almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados.

2. ALCANCE

Esta norma, incluye el diseño, materiales, instalación y mantenimiento de sistemas de protección catódica, al través de ánodos galvánicos o sistemas de corriente impresa, para proteger contra la corrosión a tuberías enterradas o sumergidas en cuerpos de agua dulce, salobre y marina, subestructuras de plataformas marinas, muelles, embarcaderos y monoboyas, entre otras instalaciones y equipos, utilizados en las actividades de producción, transporte, distribución, comercialización y procesamiento de hidrocarburos y sus derivados, en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es de aplicación general y observancia obligatoria en la contratación de los servicios de diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica que se realicen en 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 por lo menos tres personas o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACION

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PEP, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, procederá a inscribirla en el programa anual de Normalización de Pemex. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, al menos cada 5 años o antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 6 de 44</p>
--	--	---

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Pemex Exploración y Producción.

Subcomité Técnico de Normalización.

Bahía de Ballenas # 5, Edificio "D", 9º Piso.

Col. Verónica Anzures.

11311 México, D.F.

Teléfono directo: 55-45-20-35.

Conmutador:57-22-25-00, extensión: 3-26-90.

5. REFERENCIAS

NOM-008-SECRE-1999 "Control de la corrosión exterior en tuberías enterradas y/o sumergidas".

NOM-008-SCFI-2002 " Sistema general de unidades de medida".

NMX-K-109-1977 "Anodos de magnesio empleados en protección catódica".

6. DEFINICIONES

Para propósitos de esta norma se establecen las definiciones siguientes:

6.1 Anodo galvánico o de sacrificio.

Es un metal con potencial normal de oxidación mayor que el de la estructura metálica por proteger, de tal forma, que al emitir corriente de protección se consume

6.2 Anodo inerte.

Es aquél que no produce corriente eléctrica y su consumo no es directamente proporcional a la corriente de protección.

6.3 Area unitaria

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 7 de 44</p>
--	--	---

Porción de terreno que, teniendo como eje longitudinal la tubería de transporte, mide 1600 metros de largo por 200 metros a ambos lados del centro de la línea.

6.4 Caída de voltaje IR

Cambio de potencial debido al paso de una corriente eléctrica "I" en un circuito de resistencia "R". Esta caída debe ser considerada para una interpretación válida en la medición de potenciales en los sistemas de protección catódica.

6.5 Cama anódica de pozo profundo.

Es la instalación en la cual el sistema anódico es colocado verticalmente a la profundidad y diámetro requeridos por el diseño, estas pueden ser utilizadas en pozo abierto o cerrado.

6.6 Clase 1 y 2 (área rural o campo traviesa).

Es el área geográfica que comprende desde cero hasta 46 construcciones para ocupación humana en un área unitaria.

6.7 Clase 3 y 4. (área urbana).

Es el área geográfica donde existan 47 o más construcciones destinadas a ocupación humana o habitacional, así como edificios de 4 o más niveles o conjuntos habitacionales.

6.8 Clase de localización.

Area unitaria clasificada de acuerdo con la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de los ductos localizados en esa área.

6.9 Fuente de energía

Es cualquier dispositivo que permite imprimir gradualmente, la corriente eléctrica necesaria para la protección de una estructura a través de una fuente de energía eléctrica continua.

6.10 Polarización.

Es la magnitud de variación de potencial de circuito abierto de un electrodo, causado por el paso de una corriente eléctrica.

6.11 Poste de señalamiento y registro.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 8 de 44</p>
--	--	---

Es aquél que indica la trayectoria y localización de las estructuras metálicas por proteger, sirviendo además para medir el potencial de la estructura al electrólito.

6.12 Potencial de estructura al electrólito.

Es la diferencia de tensión, entre una estructura metálica enterrada o sumergida y un electrodo de referencia, en contacto con el electrólito.

6.13 Potencial natural.

Es la diferencia de tensión entre una estructura metálica en su estado natural y un electrodo de referencia en contacto con un electrólito.

6.14 Pozo abierto.

Es la instalación en la cual los ánodos son rodeados únicamente por un electrólito acuoso.

6.15 Pozo cerrado.

Es la instalación en la cual los ánodos son rodeados por un relleno especial conductivo eléctrico (back fill).

6.16 Resistividad del terreno.

Es la resistencia eléctrica específica de un terreno, se expresa en ohms-cm.

6.17 Resistencia calibrada (Shunt)

Resistencia conocida interconectada al circuito para medir la corriente eléctrica de protección.

6.18 Soldadura por aluminotermia.

Procedimiento para soldar conductores eléctricos a estructuras metálicas, consiste de una mezcla pulverizada de óxido de hierro, aluminio y polvo de arranque, que se activa mediante una chispa, dentro de un molde.

Además de lo indicado en el capítulo 6 de esta norma, para otras definiciones aplicables, referirse a la NOM-008-SECRE-1999, “Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas”, capítulo 4.

7 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS:



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 9 de 44

E.E.Q. = Equivalente electroquímico (Ley de Faraday)

E = Potencial ó diferencia de potencial eléctrico

F.U. = Vida útil material anódico (factor de utilización)

I = Intensidad de corriente eléctrica

L.T.E. = Linea de transmisión Eléctrica

N.T.N. = Nivel de terreno natural

R = Resistencia eléctrica

V.C.A =Volts de corriente alterna

V.C.D. =Volts de corriente directa

Ω = ohm

Ag/AgCl= Plata-Cloruro de Plata

Cu/CuSO₄=Cobre-Sulfato de Cobre

ASTM =Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials)

AWG = Calibre de Cable Norma Americana (American Wire Gauge).

NACE = Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión (National Association of Corrosion Engineers).

NOM = Norma Oficial Mexicana

NMX = Norma Mexicana

LGEEPA= Ley General del Equilibrio Ecológico.

8 DESARROLLO.

8.1 Generalidades.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 10 de 44</p>
---	---	---

8.1.1 Sistemas de protección catódica

Existen dos tipos de sistemas de protección catódica que pueden utilizarse individualmente o combinados y son:

- Por medio de corriente impresa.
- Por medio de ánodos galvánicos o ánodos de sacrificio.

8.1.1.1 Corriente impresa. Este sistema requiere de una fuente de corriente directa y un electrodo auxiliar (ánodo) o grupo de ánodos inertes que integran la cama anódica, situado a cierta distancia de la estructura a proteger. La terminal positiva de la fuente de corriente directa se conecta a la cama anódica y la negativa a la estructura a proteger, de este modo la corriente fluye del ánodo a través de la estructura.

8.1.1.2 Anodos galvánicos (de sacrificio). Este sistema utiliza como fuente de corriente, la diferencia de potencial entre el material del ánodo y la estructura a proteger. En este tipo de instalación el material de los ánodos se consume dependiendo de la demanda de corriente de protección de la estructura a proteger, la resistividad del electrólito y del material usado como ánodo, durante el proceso de descarga del mismo.

8.1.2 Mediciones.

8.1.2.1 Medición de potenciales. Con la medición de potenciales se determina la diferencia de tensión entre una estructura metálica y el medio que la rodea mediante un electrodo de referencia, la cual permite fijar las condiciones de diseño de un sistema de protección catódica, así como para el control y mantenimiento de un sistema en operación.

Los equipos para la medición de potenciales estructura-electrólito deben ser de al menos 10 de $M\Omega$ distancia de entrada.

8.1.2.2 Medición de la resistividad. Con esta medición se determina la resistividad y conductividad eléctrica del terreno en contacto con la estructura metálica, este valor debe considerarse en el diseño.

8.1.2.3 Clasificación de medios corrosivos en función de su resistividad

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 0-1000 Ω -cm | Altamente corrosivos. |
| 1001-5000 Ω -cm | Corrosivos. |

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 11 de 44</p>
--	--	--

5001-10000 Ω -cm Poco corrosivos.

10001 Ω -cm en adelante Muy poco corrosivos.

8.1.3 Recubrimiento anticorrosivo.

Las estructuras metálicas enterradas o sumergidas por proteger, con excepción de las subestructuras de las plataformas marinas, deben contar con un recubrimiento anticorrosivo con propiedades dieléctricas.

8.1.4 Aislamiento eléctrico.

La estructura metálica que se desea proteger debe quedar eléctricamente aislada de cualquier otro tipo de estructura que no esté considerada en el proyecto de protección catódica. Los aislamientos eléctricos además de impedir fugas de corriente de protección, separan eléctricamente a la tubería en secciones o tramos, lo que facilita el mantenimiento y control de un sistema de protección catódica eficiente.

8.1.5 Criterios para protección catódica.

Para proteger catódicamente a las estructuras enterradas o sumergidas se debe cumplir, como mínimo, con uno de los criterios indicados en 8.1.5.1 y la tabla 8.1, además de lo indicado en 8.1.5.2, considerando que para una interpretación válida se debe efectuar la corrección a que haya lugar, debido a la caída de voltaje IR originada durante la medición.

8.1.5.1 Potencial estructura/electrólito mínimo permisible.

- Un potencial estructura-electrólito (catódico) mínimo de -0.850 volts, de C. D., medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4), en contacto con el electrolito en estructuras enterradas.
- Un potencial de protección estructura-electrolito (catódico) de -0.950 volts, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4), cuando el área circundante de la tubería se encuentre en condiciones anaeróbicas y estén presentes microorganismos asociados al fenómeno de corrosión como las bacterias sulfato-reductoras.
- Un cambio de potencial de polarización mínimo de -0.100 volts, medido entre la superficie de la tubería y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4) en contacto con el electrolito.

El cambio de potencial de polarización se debe determinar interrumpiendo la corriente eléctrica de protección y midiendo el abatimiento de la polarización. Al interrumpir la corriente eléctrica ocurre un

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 12 de 44</p>
--	--	--

cambio inmediato de potencial. La lectura del potencial después del cambio inmediato, se debe usar como base de la lectura a partir de la cual se mide el abatimiento de la polarización.

Los periodos de suspensión de corriente eléctrica de protección, durante los cuales se puede realizar dicha medición están en el rango de 0.1 a 3.0 segundos.

8.1.5.2 Potencial estructura/electrólito máximo permisible.

Este valor se fijará de acuerdo a las características particulares del recubrimiento anticorrosivo dieléctrico existente en la tubería. No debe exceder al potencial de desprendimiento catódico o a valores de potencial más negativos que originen problemas colaterales.

Metal o aleación	Electrodo de referencia (y condiciones de uso)	
	cobre/sulfato de cobre (en suelos y agua dulce)	Plata/cloruro de plata (en agua de mar)
Hierro y acero		
Ambiente aeróbico	-0.850 volts	-0.800 volts
Ambiente anaeróbico	-0.950 volts	-0.900 volts

Tabla 8.1

8.2.- Diseño.

8.2.1 Consideraciones de diseño.

Para que la protección catódica sea efectiva y eficiente, se debe seleccionar el sistema más adecuado para cada caso particular, que proporcione una corriente eléctrica suficiente, una distribución uniforme de la misma en la estructura por proteger, evite interferencias y daños en el recubrimiento anticorrosivo de tal manera que se cumpla con el criterio de protección seleccionado.

El diseño del sistema de protección debe estar en función de la vida útil de la estructura.

Todos los sistemas de tubería de acero deben contar con un sistema de protección catódica definitivo, en un plazo no mayor a un año posterior a la terminación de su construcción. En todos los casos se debe instalar un sistema de protección catódica provisional, en forma simultánea a la construcción del sistema de tubería.

Las estructuras y tuberías submarinas deben contar con un sistema de protección catódica permanente instalado simultáneamente en la fase de construcción.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 13 de 44</p>
--	--	--

8.2.2 Tuberías enterradas o sumergidas.

8.2.2.1 Información mínima necesaria para el diseño.

- a) Planos de trazo y perfil, cartas geográficas (para instalaciones marinas).
- b) Fecha de construcción.
- c) Especificaciones de la tubería, conexiones y otros accesorios.
- d) Tipo y calidad del recubrimiento anticorrosivo dieléctrico.
- e) Instalaciones adyacentes, cruces entre tuberías e interconexiones.
- f) Cruces encamisados.
- g) Aislamientos eléctricos.
- h) Puentes eléctricos.
- i) Requisitos de seguridad.
- j) Cruzamientos aéreos y subfluviales.
- k) Temperatura de operación de la tubería.
- l) Sistemas de protección catódica existentes o propuestos.
- m) Posibles fuentes de interferencia.
- n) Condiciones especiales del ambiente
- o) Estructuras metálicas enterradas vecinas.
- p) Accesibilidad a las áreas de trabajo.
- q) Disponibilidad de energía eléctrica.
- r) Factibilidad de aislamiento eléctrico de las estructuras vecinas.
- s) Corrientes de agua.
- t) Uso y ocupación del suelo.
- u) Pruebas de requerimiento de corriente y número total de puntos de drenaje.
- v) Perfil de resistividad del electrolito
- w) Estadística de fallas de la tubería.
- x) Perfil de potenciales estructura-electrolito .
- y) Análisis fisico-químicos y microbiológicos del electrolito.

8.2.2.2 Juntas aislantes. Deben instalarse juntas aislantes en ductos ascendentes de plataformas marinas, para aislar eléctricamente dos secciones de tubería y optimizar el sistema de protección catódica. Las tuberías terrestres se deben aislar eléctricamente de las estructuras que no estén consideradas en el diseño del sistema de protección catódica.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 14 de 44</p>
--	--	--

8.2.2.3 Planos de diseño. El diseñador debe elaborar todos los planos que muestren con detalle y precisión el sistema de protección catódica, así como la especificación de los materiales empleados. Los planos deben incluir:

- a) Datos de la tubería por proteger, como: diámetro, espesor, tipo de acero, servicio, longitud, estructuras vecinas enterradas o sumergidas, aislamiento eléctrico, espesor y tipo recubrimiento.
- b) Ubicación del sistema.
- c) Acceso a las instalaciones.
- d) Cable y soldadura.
- e) Número, tipo, peso, espaciado y profundidad de ánodos, si van empacados o no.
- f) Perfil de resistividad del terreno.
- g) Nombre del (o de los) dueño(s) del terreno donde se localiza la instalación de protección catódica.
- h) Capacidad y tipo del rectificador o de la fuente de corriente impresa empleada.
- i) Capacidad de la subestación eléctrica.
- j) Caseta de protección para el rectificador.
- k) Cantidad, tipo y ubicación de postes de señalamiento y registro.
- l) Gráfica para determinar la tierra remota.
- m) Medición de potenciales a todo lo largo de la tubería antes y después de la instalación del sistema de protección catódica.
- n) Lo indicado en el anexo B de esta norma.

8.2.3 Plataformas marinas.

8.2.3.1 Información mínima necesaria para el diseño.

- a) Planos de la subestructura y localización de ductos ascendentes.
- b) Disponibilidad de energía eléctrica.
- c) Puntos de medición de control de corrosión.
- d) Requerimientos de seguridad.
- e) Accesibilidad de instalación de equipo.
- f) Vida prevista de la plataforma.
- g) Nivel del agua.
- h) Profundidad del lecho, contenido de oxígeno, velocidad, turbulencia, temperatura, resistividad, sedimentos, arena y sólidos en suspensión.
- i) Instalaciones vecinas, incluyendo tuberías.



- j) Aislamiento eléctrico de otras estructuras metálicas que puedan provocar fugas de corriente eléctrica.
- k) Sistemas de protección catódica existentes o propuestos.
- l) Resistividad del agua.
- m) Corrientes eléctricas de interferencia.

8.2.4 Muelles y embarcaderos.

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de protección catódica, se debe asegurar la continuidad eléctrica de todas las partes metálicas de la estructura.

Los parámetros a considerar en el diseño de protección catódica para muelles y embarcaderos son los siguientes:

- a) Area por proteger
- b) Porcentaje de área desnuda
- c) Requerimiento de corriente
- d) Selección del tipo de sistema
- e) Disponibilidad de fuentes de energía

8.2.5 Monoboyas y transporte marino.

8.2.5.1 Monoboyas. El sistema de protección catódica por medio de ánodos galvánicos es el más indicado para proteger monoboyas.

En la selección de la aleación del ánodo se deben considerar los siguientes parámetros:

- a) Esfuerzos de tensión del ánodo con respecto a la estructura.
- b) El peso del material anódico no debe afectar la flotabilidad.
- c) Prevención del daño mecánico en la instalación, el montaje y la operación.

8.2.5.2 Embarcaciones. Todas las embarcaciones deben de contar con un sistema de protección catódica que cumpla con los criterios de protección establecidos en ésta norma.

8.2.6 Procedimiento de cálculo.

Consideraciones mínimas requeridas en el diseño de sistemas de protección catódica. Se permite el uso de métodos de cálculo con los que se obtengan resultados de mayor precisión y que las unidades utilizadas sean las prescritas por la NOM-008 SCFI-2002.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 16 de 44</p>
--	--	--

8.2.6.1 Anodos galvánicos. Para el diseño de un sistema con ánodos galvánicos se deben considerar los puntos siguientes:

- Selección del material de los ánodos a utilizar, de acuerdo a la resistividad del electrólito, costo, disponibilidad, eficiencia del ánodo y vida útil deseada.
- Selección de la configuración de los ánodos.
- Seguridad de funcionamiento.
- En agua de mar deben emplearse ánodos con base aluminio o zinc y sus respectivas aleaciones sin contenido de mercurio, según se especifique.

Vida útil.

La vida útil del ánodo depende tanto de su material como de su peso. Los datos del comportamiento del ánodo instalado, deben usarse para calcular el valor probable de consumo.

El tiempo de vida del ánodo galvánico, se determina con la expresión:

$$V = C \times P \times R \times U / I$$

Donde:

C= Capacidad de corriente en A-año/kg

P= Peso del ánodo en kilogramos

R= Rendimiento en % (tabla 8.2)

U= Factor de utilización 0.85

I = Entrega de corriente del ánodo en (A).

Metal anódico	Capacidad corriente teórica (A-año/kg)	Rendimiento %
Zinc (Zn)	0.094	95
Aluminio (Al)	0.340	90
Magnesio (Mg)	0.251	50

Tabla 8.2

Corriente de diseño para tuberías enterradas.

$$A_B = f \pi D L$$



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 17 de 44

Donde:

A_B = Area de la tubería por proteger m^2 .

f = Porcentaje de área desnuda.

D = Diámetro exterior de la tubería, en m.

L = Longitud de la tubería, en m.

Cálculo de la corriente necesaria

$$I = A_B \times I_d / 1000$$

Donde:

I = Corriente requerida en amperes

I_d = Densidad de corriente requerida en miliamperes por m^2 .

Densidades de corriente típicas requeridas mA/m²

Tierra seca	10.76 - 21.52
Tierra con agua	21.52 - 53.82
Agua, sin corriente	10.76 – 53.82
Agua de mar, con corriente	32.29 – 129.17
Agua de mar, sin corriente	107.6 - 2691

Cálculo de la masa anódica requerida

$$W = I \times D_R \times D_L$$

Donde:

W = Peso total de masa anódica requerida, en kg.

D_R = Disipación del ánodo, en kg por ampere-año.

D_L = Vida de diseño del sistema, en años.

Consumo de ánodos

Magnesio 11.3 kg/ampere-año (25 lb/ampere-año)

Galvalum III 5.45 kg/ampere (12 lb/ampere-año)

Zinc 11.3 kg/ampere-año (25 lb/ampere-año)

Cálculo del numero de ánodos requeridos

$$N = W / W_A$$

Donde:

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 18 de 44</p>
---	---	---

N = Número de ánodos requeridos
 W_A = Peso de cada ánodo, en kg.

Espaciamiento entre ánodos

$$S = L / N$$

Donde:

S = Espaciamiento requerido, en m.
L = Longitud de la tubería, por proteger en m.
N = Número de ánodos requeridos.

Separación máxima de ánodos:

Tubería de 0.304m D.N.(12") y menores: 152.4m (500 pies).
Mayores de 0.304m D.N.(12"): 304.8m (1000 pies).

Separación entre la estructura por proteger y los ánodos

La separación de los ánodos a la estructura por proteger debe ser de al menos 4.5 metros.

En el caso de líneas submarinas no deben instalarse ánodos de brazaletes en las juntas de campo.

8.2.6.2 Procedimiento de cálculo para sistemas de corriente impresa. Para el diseño de un sistema de corriente impresa, se deben considerar los puntos siguientes:

Selección de la capacidad de la fuente de corriente directa, la intensidad de corriente, es un dato conocido, pues se refiere a la corriente de protección que se ha determinado, por lo general, mediante pruebas de requerimiento de corriente.

a) El voltaje de salida en el rectificador se calcula con la ecuación:

$$V = R_t I$$

Donde:

V = Voltaje (C.D.) de salida del rectificador, Volts.

R_t = Resistencia total del circuito, Ω



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 19 de 44

I = Intensidad de corriente requerida, Amperes.

La resistencia total del circuito, R_t es igual a:

$$R_t = R_c + R_e + R_g \text{ o } R_h$$

Donde:

R_c = Resistencia de los cables del circuito, se calcula conociendo el calibre y longitud de los cables.

R_e = Resistencia de contacto a tierra de la estructura por proteger. Su valor puede obtenerse directamente en el campo y es igual al cambio de potencial obtenido en la estructura, con la corriente de prueba dividido entre esta.

R_g = Resistencia del dispositivo de tierra o cama anódica, puede ser R_v o R_h , es la que tiene mayor influencia en el valor de R_t .

8.2.7 Resistencia de un ánodo con relleno:

$$R_v = \frac{0.00159\rho \left(2.3\log\frac{8L}{d} - 1 \right)}{L}$$

Donde:

R_v = Resistencia de un ánodo vertical a tierra en Ω .

ρ = Resistividad del suelo, o del material de relleno en Ω -cm.

L = Longitud del ánodo, m.

d = Diámetro del ánodo, m.

s = Espaciamiento entre ánodos, m.

8.2.8 Resistencia de varios ánodos en posición vertical y en paralelo:

$$R_v = \frac{0.00159\rho}{NL} \left(2.3\log\frac{8L}{d} - 1 + \frac{2L}{S} (2.3\log 0.656N) \right)$$

Donde:

R_v = Resistencia de la cama anódica en posición vertical, conectados en paralelo, en Ω .

ρ = Resistividad del suelo, o del material de relleno en Ω -cm.

L = Longitud del ánodo, en m.



d = Diámetro del ánodo, en m.

S = Espaciamiento entre ánodos; en m.

N = Número de ánodos en paralelo.

8.2.9 Resistencia de varios ánodos en posición horizontal y en paralelo:

$$R_h = \frac{0.0015 \rho}{L} \cdot 2.3 \log \frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{ds} + \frac{S}{L} \cdot \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1$$

R_h = Resistencia de la cama anódica en posición horizontal, conectados en paralelo, en Ω .

S = Dos veces la profundidad del ánodo en m.

ρ = Resistividad del material de relleno (backfill) o del terreno en Ω -cm.

L = Longitud del ánodo en m.

d = Diámetro del ánodo en m.

8.2.10 Separación entre la estructura por proteger y los ánodos

La separación de los ánodos a la estructura por proteger debe ser una distancia eléctricamente remota o tierra remota. Esta distancia puede determinarse con una serie de lecturas entre la estructura por proteger y una media celda de Cu/CuSO₄ tomadas a intervalos conocidos alejándose de la estructura. En el punto donde ya no se tengan cambios significativos en el potencial, se considera como tierra remota. Sin embargo, por razones prácticas esta distancia no debe ser menor de 50 metros.

Capacidad del transformador.

La capacidad del transformador se calcula con la ecuación:

$$C = I \times V / EF \cdot 1000$$

Donde:

C = Capacidad del transformador, kVA.

E = Eficiencia del rectificador (0.85).

I = Intensidad de corriente (C.D.) del rectificador (Amperes).

V = Voltaje (C.D.) del rectificador (Volts).



F = Factor de potencia del transformador (0.80).

8.3 Instalación.

Materiales de relleno (Back fill).

Se debe de emplear material de relleno para envolver los ánodos con el fin de reducir su resistencia de contacto con el suelo.

8.3.1 Para ánodos inertes.

En estos casos se usa como material de relleno carbón de coque triturado, cuya granulometría debe cumplir lo siguiente:

Debe pasar 100% por la malla No. 6.

Debe pasar 40% por la malla No. 14.

El material restante debe desecharse.

8.3.2 Para ánodos galvánicos.

En estos casos se debe usar como material de relleno, la composición que a continuación se indica.

Material	Peso en %
Yeso seco en polvo.	75
Bentonita seca en polvo	20
Sulfato de sodio anhidro.	5
Agua para saturar la mezcla.	
Cantidad de relleno por ánodo:	Cantidad de relleno
Peso del ánodo kg (lbs)	kg (lbs)
7.72 (17)	13.62 30
14.53 (32)	15.89 35
21.79 (48)	23.61 52

Tabla 8.3

Los ánodos en forma de brazaletes o de cinta no requieren de relleno.

8.3.3 Fuentes de energía.

Estos dispositivos suministran la potencia necesaria para hacer circular la corriente de protección requerida por la estructura. Pueden ser accionados por corriente alterna, celdas solares, generadores de combustión interna, eólicos o por medios térmicos.

La fuente de energía debe contar con los elementos necesarios para medir y controlar voltaje y amperaje:



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 22 de 44

- Corriente alterna, (cuando aplique).
- Corriente directa.

8.3.3.1 Caseta. La fuente de energía seleccionada para un sistema de protección catódica, por seguridad, debe contar con una caseta de protección y sus características las debe marcar el proyecto.

8.3.4 Subestación eléctrica.

La subestación se debe seleccionar, considerando las características de la línea de transmisión eléctrica de baja tensión más cercana a la estructura por proteger.

Una subestación eléctrica consiste básicamente de:

- Transformador.
- Cuchillas fusibles.
- Protecciones para corto circuito, fusibles, aparta rayos.
- Sistema de tierras.
- Herrajes y aisladores.
- Poste.

8.3.5 Conductores eléctricos.

Los calibres y tipos de forro de los conductores eléctricos que intervienen en un sistema de protección catódica, deben seleccionarse de acuerdo a la resistencia y capacidad de conducción de corriente, que requieran.

Los cables anódico y catódico deben ser de doble forro de polietileno negro de alto peso molecular tipo HMWPE con aislamiento mínimo de 600 volts y una cubierta de PVC negra.

8.3.6 Conexiones de ánodos.

Las conexiones deben ser aisladas con resina epóxica líquida y vertida en un molde desechable.

8.3.7 Soldadura por aluminotermia.

La soldadura por aluminotermia se debe emplear en las conexiones siguientes:

8.3.7.1 Entre el elemento de medición del poste de registro y amojonamiento y la estructura por proteger.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 23 de 44</p>
--	--	--

8.3.7.2 Entre el cable catódico y la estructura por proteger.

8.3.7.3 Entre las terminales de conexión de los ánodos tipo brazaletes y la estructura por proteger.

8.3.7.4 En puentes. A las soldaduras efectuadas por el procedimiento de aluminotermia se les debe aplicar una "carga". La cual debe estar en función del calibre del conductor, según lo indica la tabla 8.4.

Calibre No.		Carga No.
14		15
12		15
10		15
8		15
6		15
4		25
2		25
1		32
1/0		45
2/0		65

Tabla 8.4

8.3.8 Soldadura eléctrica.

En ánodos que para su fijación cuenten con alma o soportes al código metálico, el alma o soporte, debe soldarse a la estructura por proteger, de acuerdo al código AWS A.3.061 o equivalente.

8.3.9 Postes de señalamiento y registro.

Los postes indicados contienen los requerimientos mínimos, pero se aceptan postes con diferente configuración, siempre y cuando cumplan con la función.

Se usan en sistemas de protección catódica para tuberías enterradas principalmente, los hay de dos tipos "R" y "RA".

Los postes deben ser de concreto con una $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, reforzados con varillas de 9.5 mm (3/8 pulg.) y estribos de 6.3 mm (1/4 pulg.) de acuerdo a lo indicado en las figuras 2 y 4.

Cuando se indique, para la medición de la corriente drenada por la cama de ánodos galvánicos, el poste debe contar con un dispositivo de medición (shunt) de acuerdo a la figura 1.

Las grabaciones en las caras de los postes deben ser hechas en bajo-relieve, del tipo, proporciones y distribuciones similares a lo indicado en las figuras 3 y 5.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 24 de 44</p>
--	--	--

Los postes deben ser pintados de color naranja y las grabaciones de color negro.

8.3.9.1 Poste tipo “R”.

Se usa como amojonamiento y registro para protección catódica (ver figuras 2 y 3).

Se deben instalar con espaciamiento máximo de 1 kilómetro, a lo largo de la(s) tubería(s) por proteger, o donde lo indique el proyecto.

8.3.9.2 Poste tipo “RA”.

Se usa para inspección aérea y registro para protección catódica (ver figuras 4 y 5).

Se deben instalar con espaciamiento máximo de 5 kilómetros, a lo largo del derecho de vía de la(s) tubería(s) por proteger, o donde lo indique el proyecto.

8.3.10 Material para aislamiento y parchado.

8.3.10.1 El resane y aislamiento de la conexión a la estructura por proteger, debe hacerse con materiales dieléctricos compatibles con el recubrimiento original de la estructura.

8.3.11 Aislamientos eléctricos.

Los aislamientos eléctricos deben ser instalados durante la construcción de la línea de acuerdo con el diseño.

8.3.12 Camas anódicas.

En la figura 6 se puede ver un arreglo típico de esta instalación.

8.3.13 Instalación y conexión de ánodos para corriente impresa.

Para un sistema de protección mediante corriente impresa, la colocación de los ánodos debe hacerse de acuerdo a lo indicado en el proyecto, en cuanto a localización de la instalación y separación de los ánodos entre sí.

8.3.14 Instalación y conexión de ánodos galvánicos.

8.3.14.1 Los ánodos galvánicos deben alojarse en los agujeros de dimensiones suficientes para que el ánodo quede cubierto por una capa de material de relleno, con un espesor mínimo de cinco centímetros en su periferia.

8.3.14.2 El alma de los ánodos debe soldarse a la estructura por proteger.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 25 de 44</p>
--	--	--

8.3.14.3 La colocación de los ánodos de sacrificio tipo brazaletes para protección de tuberías sumergidas, debe hacerse removiendo el revestimiento de concreto, dejando una cavidad de longitud aproximada al ancho del brazaletes, con una tolerancia máxima de un centímetro y procurando no dañar el recubrimiento anticorrosivo. En caso de que ocurra algún daño, dicha protección debe resanarse o restituirse.

8.3.14.4 El brazaletes debe colocarse sobre el recubrimiento anticorrosivo y las puntas de conexión, deben unirse a la tubería con soldadura por aluminotermia, por el procedimiento que el proyecto indique.

8.3.15. Pruebas.

Una vez construido el sistema de protección catódica, debe obtenerse un perfil de potenciales a intervalos cercanos encendido-apagado (on-off) a todo lo largo de la tubería, para verificar que se cumpla con alguno de los criterios de protección establecidos en el inciso 8.1.5.1.

8.4 Mantenimiento.

Con el propósito de proteger adecuadamente las estructuras que cuentan con sistemas de protección catódica, es obligación del área encargada del sistema de establecer, implementar y cumplir un programa para la inspección y mantenimiento de los componentes del sistema, solicitando los recursos necesarios para éste fin, en los tiempos y formas indicados por la normatividad vigente.

8.4.1 Los períodos de inspección y mantenimiento de cada uno de los componentes se establecen a continuación:

8.4.1.1 En los sistemas con corriente impresa, las fuentes de energía no controladas en forma remota se deben inspeccionar al menos cada 30 días, realizando las mediciones aplicables siguientes:

- a) El voltaje y amperaje de corriente alterna de alimentación.
- b) El voltaje y amperaje de corriente directa aplicado a la estructura protegida.
- c) El potencial estructura-electrolito en el punto de drenaje.

8.4.1.2 Los sistemas supervisados a control remoto, deben inspeccionarse al menos seis veces al año. Si el sistema de transmisión de datos llegara a interrumpirse por un tiempo mayor a un mes, la frecuencia de inspección será la indicada para los no controlados.

En ambos casos se deben de llevar registros mensuales de las condiciones de operación, de cualquier ajuste de las variables mencionadas, así como el cálculo de la eficiencia de la fuente de corriente directa y de la resistencia de circuito calculada con los parámetros de corriente directa.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 26 de 44</p>
--	--	--

8.4.1.3 Las camas de ánodos inertes, se deben inspeccionar una vez al año por medio de métodos indirectos (potencial sobre cada ánodo) para verificar el funcionamiento de los ánodos.

8.4.1.4 Las conexiones eléctricas tanto internas del rectificador como las de alimentación de corriente alterna o de cualquier fuente de energía de corriente directa, se deben limpiar, ajustar y proteger una vez al año, para mantener bajas resistencias de contacto y evitar sobrecalentamiento. Cualquier defecto en los componentes del sistema debe de eliminarse o corregirse.

8.4.1.5 Cada dos años se debe de aplicar recubrimiento anticorrosivo a la cubierta de las fuentes de corriente, transformador de la subestación eléctrica y a todas las partes metálicas de la instalación, así como a la caseta o protección de concreto del sistema, con recubrimientos base agua.

8.4.1.6 Se debe de levantar un perfil de potenciales de la estructura completa con las frecuencias indicadas a continuación:

- Para ductos terrestres, al menos cada seis meses donde la tubería se encuentre en clases de localización 1 y 2, y cada tres meses para clase de localización 3 y 4.
- Para ductos marinos en línea regular (no incluye ducto ascendente), arribos playeros y monoboyas, debe ser cada cinco años como máximo.
- Para ductos ascendentes, subestructuras de plataformas marinas, muelles y embarcaciones, cada tres años como máximo.

8.4.1.7 Los postes de registro R y RA, deben rehabilitarse cada vez que se detecte que están desconectados, derribados o fuera de la vertical y pintarse cada tres años con el color original, remarcando con negro los letreros grabados en el poste.

8.4.1.8 Se debe realizar un levantamiento de potenciales a intervalos cercanos encendido-apagado (ON-OFF), cada 10 años o cuando se modifique el sistema de protección catódica, para verificar que el nivel de protección cumple con los criterios establecidos en ésta norma.

8.4.1.9 Debido a que el recubrimiento anticorrosivo de los ductos es una parte importante en el comportamiento de la protección catódica, se debe de realizar una inspección del mismo en las zonas donde se tengan indicios de una falla masiva del recubrimiento por medio de técnicas como el Gradiente de Voltaje de Corriente Directa, métodos inductivos o conductivos, con la finalidad de detectar si existen fallas y en su caso repararlas para hacer más eficiente el sistema de protección catódica.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 27 de 44

8.4.1.10 Se deben llevar registros del estado del recubrimiento anticorrosivo de la estructura por proteger, cada vez que se tenga la oportunidad de verificar visualmente la estructura, registrando la ubicación del punto y las condiciones en que éste se encuentre, para lo cual se debe contar con un formato específico para éste fin.

8.4.1.11 De aquellos ductos que se inspeccionen con equipo instrumentado se debe revisar el reporte de la inspección para comprobar que las pérdidas de metal exterior, no sean causadas por fallas en el sistema de protección catódica o del recubrimiento dieléctrico y en su caso tomar las medidas correctivas necesarias.

8.4.1.12 Todos los puntos de la estructura que no cumplan con alguno de los criterios de protección así como, interferencias eléctricas, corrientes eléctricas parásitas, cortos circuitos, etc. que se detecten durante las inspecciones de los sistemas de protección catódica, deben corregirse, repararse o tomar las acciones necesarias para mitigarlas.

8.5 Materiales.

Los materiales empleados en los sistemas de protección catódica deben de entregarse con certificados de garantía y calidad del proceso de fabricación, que asegure la confiabilidad del producto durante la vida útil del sistema. En el caso de los ánodos se debe indicar, cuando aplique, la composición química, eficiencia, capacidad de corriente, consumo, potencial de circuito abierto, peso específico, densidad de corriente.

8.5.1 Especificaciones de ánodos

La composición química de los ánodos debe de cumplir con lo indicado en las tablas siguientes.

Los ánodos de magnesio deben de apegarse a lo establecido en la NMX-K-109-1997.

Ánodos de magnesio

Elementos	Especificación en % peso
Aluminio (Al)	0.010 max.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 28 de 44

Cobre (Cu)	0.020 max
Hierro (Fe)	0.030 max
Manganeso (Mn)	0.50 – 1.30
Níquel (Ni)	0.001 max
Otros	0.30 max
Magnesio (Mg)	Resto a 100
Eficiencia	50% min
Potencial	-1.65 volts (Cu/CuSO ₄) min.
Capacidad de drenaje de corriente	1100 Amp-hr/Kg min.

Ánodos de Zinc

Elementos	Especificación en % peso
Aluminio (Al)	0.005 max
Cadmio (Cd)	0.003 max
Hierro (Fe)	0.0014 max
Plomo (Pb)	0.003 max
Cobre (Cu)	0.002 max
Zinc	Resto a 100
Eficiencia	95 %
Potencial	-1.10 volts (Cu/CuSO ₄) min.
Capacidad de drenaje de corriente	780 Amp-hr/Kg min.

Ánodos de Aluminio

Elementos	Especificación en % peso
Zinc	3.5 – 5.0
Silicio (Si)	0.10 max
Hierro (Fe)	0.13 max
Magnesio (Mg)	0.3 – 0.8
Indio (In)	0.02 – 0.05
Cobre (Cu)	0.006 max
Aluminio (Al)	Resto a 100
Eficiencia	90%
Potencial	-1.10 volts (Ag/AgCl)
Capacidad de drenaje de corriente	2700 Amp-hr/Kg max.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 29 de 44

Anodos de Ferro Silicio Cromo

Elementos	Especificación en % peso
Carbón (C)	0.7 – 1.1
Silicio (Si)	14.2 – 14.7
Hierro (Fe)	Resto a 100
Magnesio (Mg)	1.5 max
Cromo (Cr)	3.5 – 5.0
Cobre (Cu)	0.5 max.
Molibdeno (Mo)	0.2 max.
Peso específico	7 g/ cm ³
Consumo	0.25 – 1 kg/A-año
Densidad de corriente (práctica)	10 – 100 amp/m ²

Anodos de Grafito

Peso específico	1.6 g/cm ³
Consumo	0.1 – 1 kg/A-año
Densidad de corriente (práctica)	2.5 – 40 amp/m ²

Los ánodos de Grafito deben ser tratados con ceras o resina fenólica y con conexión al centro.

Siempre que se justifique se podrán utilizar materiales diferentes que demuestren una mayor eficiencia y economía, para aplicarse en un sistema de protección catódica.

8.5.2 Almacenamiento y transporte de materiales.

Los materiales mencionados deben ser almacenados a cubierto, en lugares en que no transiten personas ni vehículos sobre de ellos y donde no puedan ser contaminados por sustancias, que alteren sus condiciones de aplicación.

Los materiales que resulten defectuosos se deben desechar.

8.6 Seguridad industrial y protección ambiental.

8.6.1 El prestador de servicios debe comprobar mediante los certificados que procedan, estar de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y manifestar que:

8.6.1.1 Cumple con los límites permitidos de contaminación en su proceso de instalación mantenimiento o en su caso los procedimientos que aplica para eliminar contaminantes.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 30 de 44</p>
--	--	--

8.6.1.2 Cuenta con un procedimiento acreditado que indique como manejar situaciones emergentes derivadas de contacto o degradación de sus productos, durante su transporte, almacenamiento, manejo e instalación.

8.6.1.3 Cuenta con procedimientos y programas de seguridad del personal, disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar; observando las políticas y normas de seguridad de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

8.6.1.4 Cuenta con un procedimiento acreditado que indique como manejar desechos industriales, cuando se aplique el sistema.

8.6.1.5 Conocer la información que certifique el cumplimiento de la LGEEPA y sus reglamentos aplicables en los materiales que emplea, el tipo de actividad que se realiza y los residuos que se generan.

Además de lo indicado en 8.6, referirse a lo indicado en la NOM-008-SECRE-1999, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, párrafo 5.11.

8.7 Documentos y registros.-

Para registros y documentos referirse a lo indicado en la NOM 008 SECRE 1999, párrafos 5.12 y 5.13.

9. RESPONSABILIDADES

9.1 Del prestador de servicios.

9.1.1 Demostrar documentalmente el conocimiento del tipo y alcance de la obra a realizarse.

9.1.2 Llevar al sitio de obra herramientas, equipo de montaje y materiales de calidad suficiente, de acuerdo a las prácticas de Ingeniería.

9.1.3 Enlistar, recibir, inspeccionar, almacenar y manejar los materiales y accesorios con el cuidado suficiente para asegurar su totalidad y prevenirlos de daños así como presentar para aprobación y conocimiento de la supervisión, los procedimientos de empaque, identificación, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje e instalación de los materiales que conforman el sistema de protección e informar a Petróleos Mexicanos, el tiempo máximo de almacenamiento de los materiales sin degradación de los mismos.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 31 de 44</p>
--	--	--

9.1.4 Contar con personal especialista y capacitado en la instalación o mantenimiento del sistema, así mismo tener un responsable técnico con experiencia previa en trabajos similares, que se comprometa a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final, la aplicación de esta norma.

9.1.5 Contar con los dibujos y elementos indicados en el diseño para la instalación o mantenimiento del sistema, así como las especificaciones y normas que apliquen en la ejecución de los trabajos.

9.1.6 Desarrollar y poner en práctica procedimientos y programas de seguridad del personal, además de disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar.

9.1.7 Remover todo tipo basura y materiales sobrantes del trabajo de instalación o mantenimiento. La obra no puede darse por concluida hasta no haber dejado el área en buen estado de limpieza. y disponer de estos desperdicios sin afectar ambiente y equilibrio ecológico.

9.2 De Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

9.2.1 Vigilar la aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma, en las actividades de: diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica.

9.2.2 Verificar el cumplimiento de esta norma, en la contratación de servicios que tengan por objeto instalar o dar mantenimiento al sistema.

9.2.3 Verificar que los licitantes cuenten con personal técnico especializado y con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

9.2.4 Seguir los lineamientos de diseño durante la construcción del sistema de protección catódica.

9.2.5 Verificar que las instalaciones estén de acuerdo con las especificaciones.

9.2.6 Hacer modificaciones menores, sin afectar el funcionamiento del sistema, en caso de imprevistos en campo.

9.2.7 Efectuar las pruebas y mediciones necesarias, para el correcto funcionamiento del sistema de protección catódica.

9.2.8 Que se observe el cumplimiento de esta norma en el ámbito de competencia de Petróleos Mexicanos.

9.3 De los grupos de trabajo de normalización

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 32 de 44</p>
--	--	--

9.3.1 Actualizar por lo menos cada 5 años la norma de referencia ó cuando sea requerido.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.

Esta norma concuerda parcialmente con la Norma Oficial Mexicana NOM 008 SECRE 1999 "Control de la corrosión exterior en tuberías enterradas y/o sumergidas", capítulo 4 y párrafos 5.11, 5.12 y 5.13.

11. BIBLIOGRAFIA

Instalación de sistemas para protección catódica

Especificación P. 3.413.01 de Pemex Exploración y Producción.

Sistemas de protección catódica,.

Especificación P 2.0413.01 de Pemex Exploración y Producción

NACE 10A 190 Técnicas de medición relativas a criterios de protección catódica para sistemas de tuberías de acero enterradas. " Measurement techniques related to criteria for cathodic protection of underground submerged steel piping systems".

NACE RP-0169-96 Prácticas de estándares recomendados para el control de la corrosión externa de sistemas de tubería metálica sumergida ó enterrada. " Standard recommended practice, control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems"

Peabody Control de la corrosión en tuberías "Control pipeline corrosion". Segunda edición.

"Mas allá de la herrumbre" Javier Avila / Joan Genescá.

Manual de Ingeniería de Diseño; Sección V Ingeniería de Corrosión Pemex 1990.

Ley Federal Sobre Metrología y Normalización



12. ANEXOS

ANEXO A

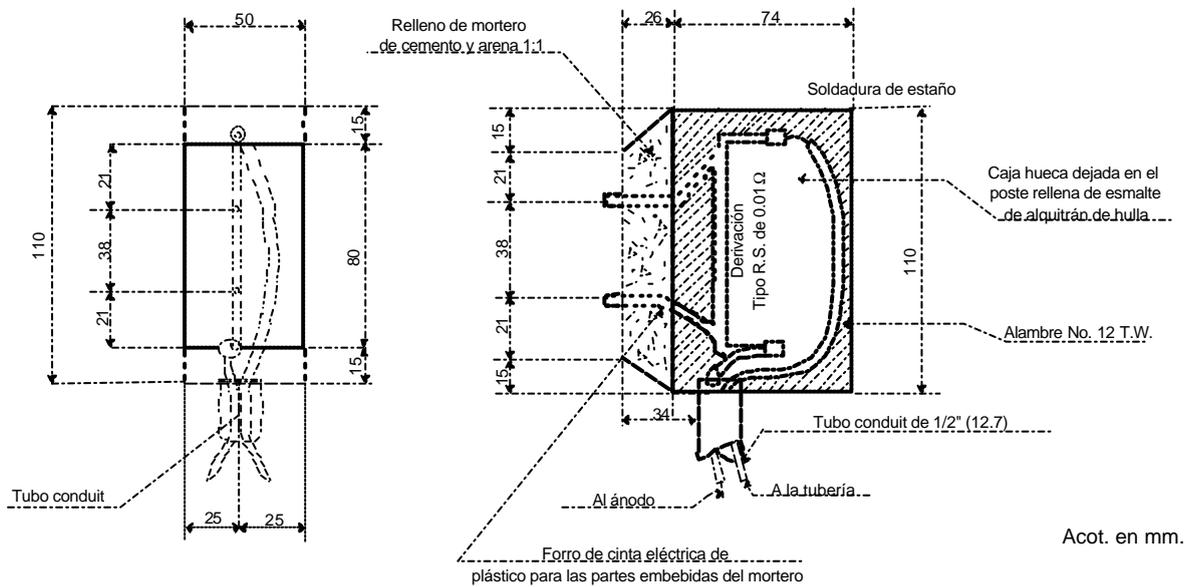


Figura 1.

Dispositivo de medición para poste de señalamiento y registro tipo "R" y "RA".



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 34 de 44

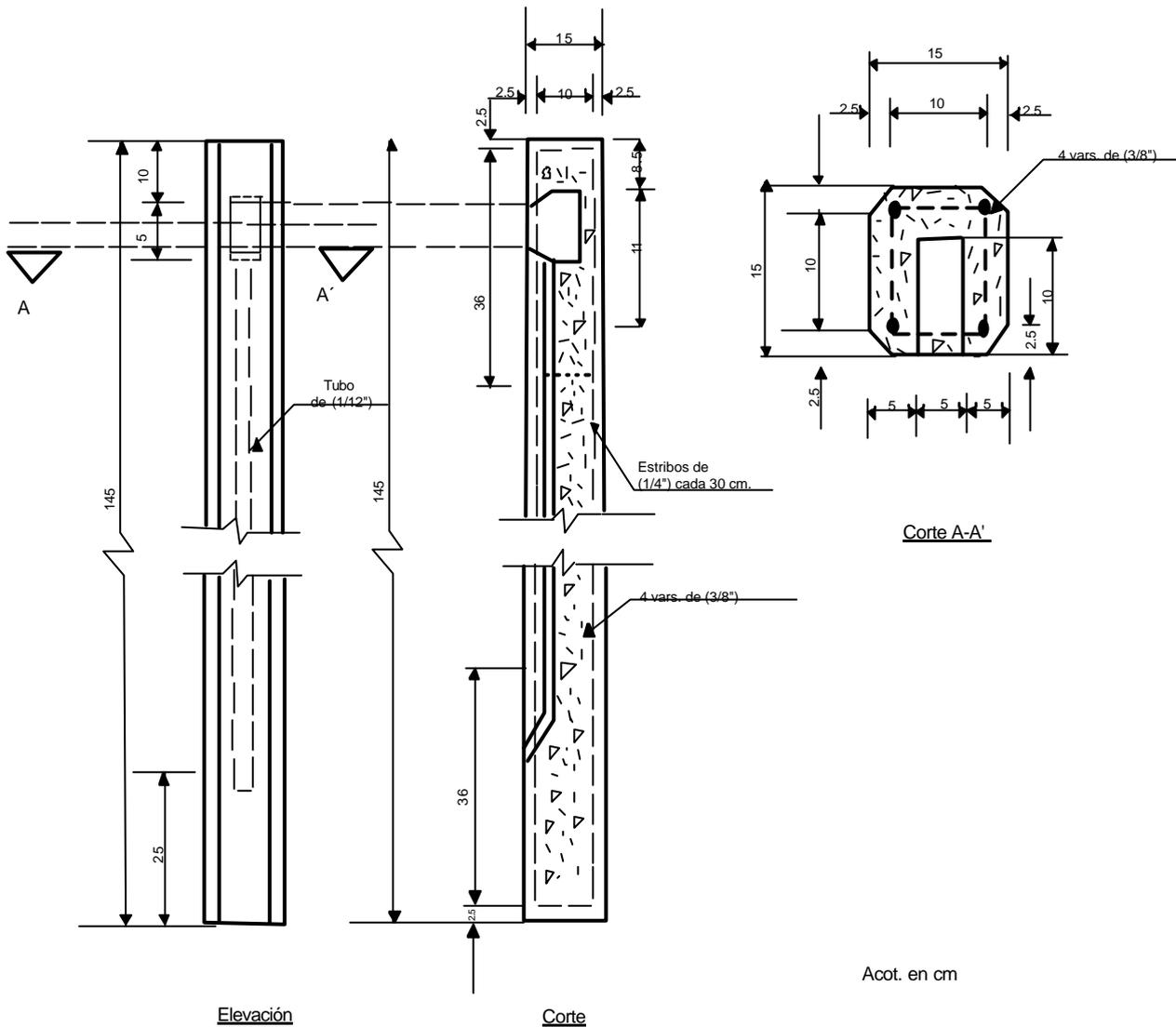


Figura 2.

Poste de señalamiento y registro tipo "R"



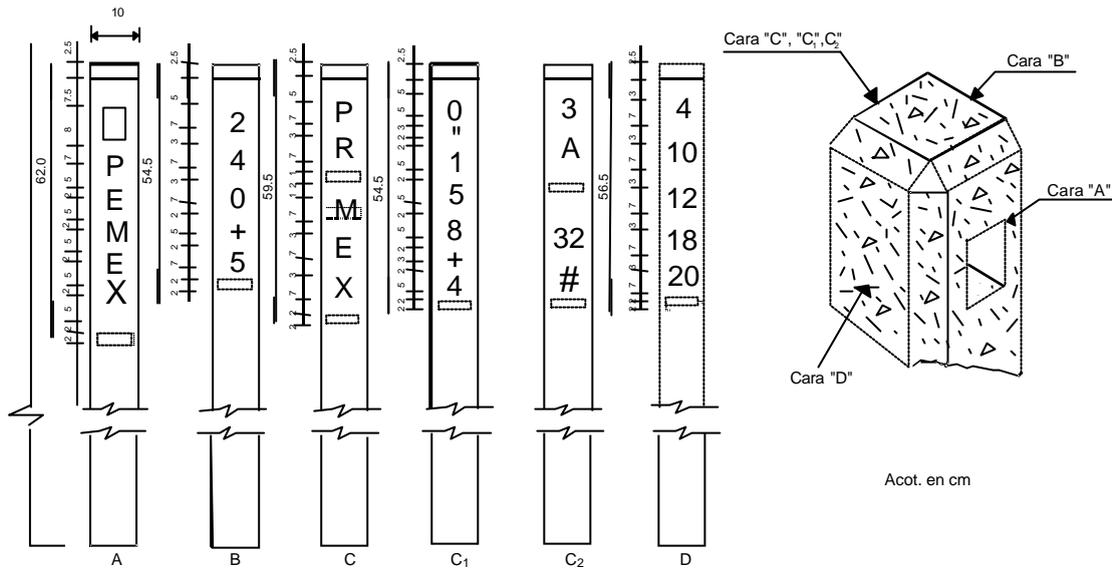
COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 35 de 44



- La cara "A" se debe orientar hacia las tuberías para proteger.
- La cara "B" debe indicar el kilometraje del lugar donde se localiza el poste.
- La cara "C" debe indicar el origen y final del conducto por proteger.
- La cara "C₁" se debe utilizar en ambas desviaciones.
- La cara "C₂" se debe utilizar para localizar camas de ánodos galvánicos.
- La cara "D" se debe utilizar para indicar los diámetros de las tuberías por proteger.

Figura 3.
Grabados para poste de señalamiento y registro tipo "RA"



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 37 de 44

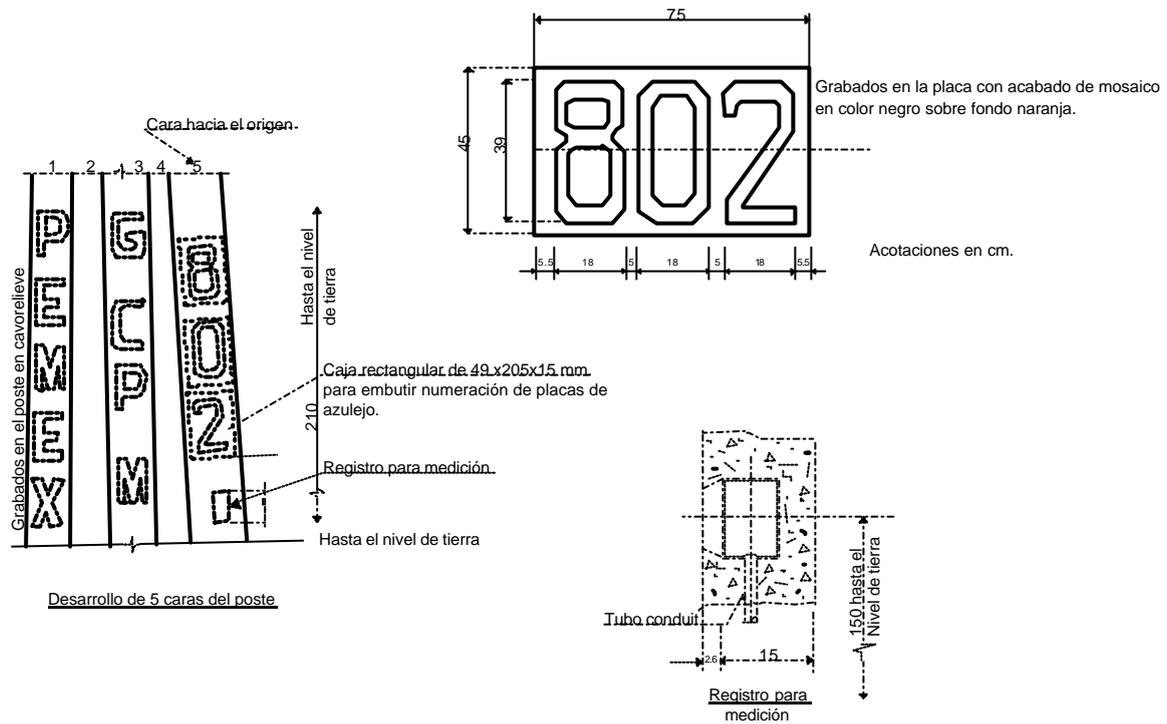


Figura 5.

Acabados y grabados para poste de señalamiento y registro tipo "RA".



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 38 de 44

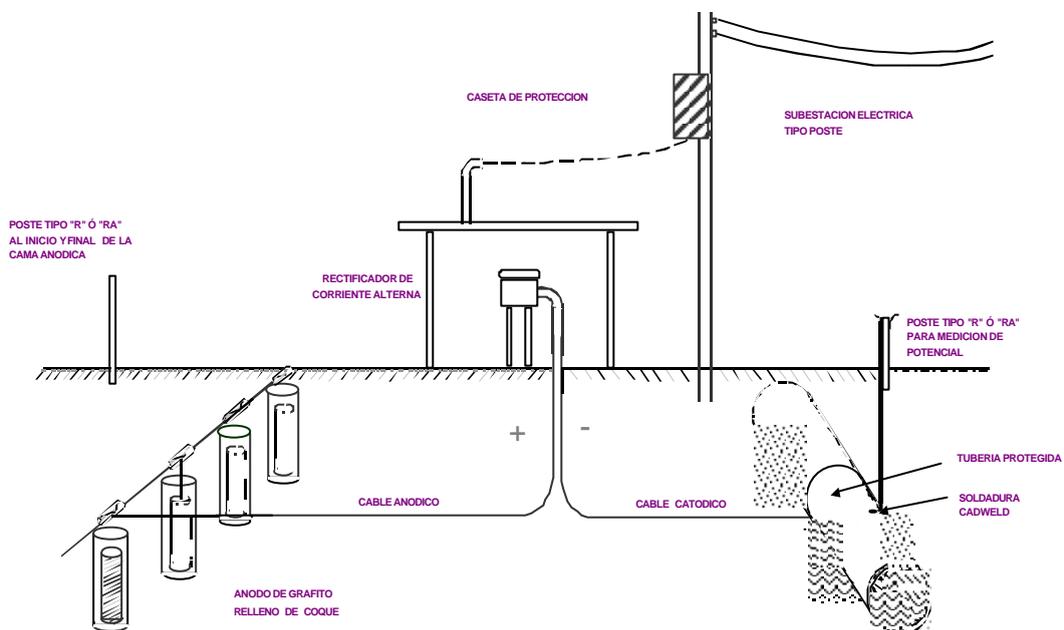


Figura 6

Arreglo típico de un sistema de protección a base de corriente impresa.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 39 de 44</p>
--	--	--

ANEXO B

Requerimientos planos de un sistema de protección catódica.

I.- Plano de localización general.

Especificación del contenido.

- Escala: la misma de los plano de trazo y perfil (1:4000) con cuadrícula de coordenadas respectivas.
- Croquis de localización.
- Ubicación mediante liga topográfica con trazo del ducto, de los siguientes elementos:
 1. Area para caseta y subestación eléctrica.
 2. Polígono de cama anódica.
 3. Polígono de ruta de cables.
 4. Polígono de l.t.e. (proyecto).
 5. L.t.e. existentes (indicar voltaje y propietario).
 6. Camino o caminos de acceso existentes.
 7. Acceso de proyecto (en caso que aplique).
 8. Detalle conteniendo los primeros 3 elementos de esta relación.
 9. Dibujo de seccion transversal indicando profundidad, ancho de seccion, componente, etc.
 10. Se deben elaborar esquemas de propietarios con el cuadro de construcción respectivo para el trámite de afectaciones de las áreas a contratar.

II.- Plano de cama anódica.

Especificación de contenido.

1.- Detalles de excavación para alojar la cama anódica y postes de amojonamiento.

- Título del detalle.
- Acotaciones em mm.
- Indicación del n.t.n.
- Indicación de postes tipo “RA” o “R”.
- Indicación de cortes de secciones transversales de la cama anódica.
- Indicación de la localización de celdas de referencia permanente (sí aplica).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 40 de 44</p>
--	--	--

2.- Instalación de lecho anódico.

- Diagrama representativo de la conexión de los componentes principales de la protección catódica: cama anódica, ducto , rectificador, postes “RA” o “R” , caseta de protección del rectificador.
- Indicación del tipo y calibres de los conductores (+) y (-).
- Indicación del tipo de soldadura por utilizar.

3.- Detalle de instalacion de ánodos.

- Título del detalle
- Corte transversal de la cama anódica en forma representativa.
- Acotaciones en mm.
- Indicación de escala utilizada.
- Indicación del n.t.n.
- Indicación del tipo y calibres de los conductores primario y secundario por utilizar.
- Indicación del tipo de soldaduras que apliquen.
- Detalle típico de instalación de ánodos indicando relleno, tipo, diámetro y longitud del ánodo.

5.- Cuadro de la composición química del ánodo.

III.- Plano de interconexiones eléctricas.

Especificación de contenido.

1.- Conexión eléctrica tipo i.

Rectificador-lecho anódico, rectificador-tubo-poste “RA”.

- Tipo de poste “R” o “RA”.
- Tipo y calibre de conductor (+) y (-).
- Notas que apliquen.
- Tipo de conexiones soldadas.
- Caseta de rectificador.
- Rectificador.

2.-Detalles de los tipos de conexiones soldadas.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 41 de 44

- Tipo ta.
- Tipo ss.
- Tipo caja.

3.- Conexion eléctrica tipo II. (tubo-poste "RA")

- Indicación de la escala.
- Acotaciones en mm.
- Indicación del n.t.n.
- Detalle de ducto-conductor.
- Tipo y calibre del conductor.
- Detalle de caja de conexiones del poste "R" o "RA".

4.- Interconexiones con tubería para puntos de drenaje de corriente impresa.

Detalle a

- Tubería a proteger por proyecto.
- Tipo de conector soldado a tubería.
- Tipo y calibre del conductor.
- Indicación del tipo de resina epóxica por utilizar en la protección de la soldadura.
- Corte del detalle "a".

5.- Tabla de soldaduras (tipo).

- Datos generales.
- Localización.
- Corriente del rectificador.
- Calibre del conductor primario (awg).
- Tipo de soldadura.
- Molde (cartucho).
- Calibre de conductores.
- Cantidad de soldaduras.

6.- Conexiones eléctricas tipo iii (puenteo eléctrico de soldaduras).



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 42 de 44

- Ducto a proteger de proyecto.
- Indicación de ductos existentes que se puentean.
- Profundidad del conductor.
- Tipo y calibre del conductor.
- Acotaciones.
- Escala utilizada.
- Indicación del n.t.n
- Indicación de las conexiones de la Caja Unión (sí aplica).

7.- Cuadro de localización de interconexiones.

- Tipo I, II, III y IV (las que apliquen).
- Cantidad.

IV Plano de postes de señalamiento y registro tipo “RA”.

Especificacion de contenido.

1.- Detalle de construcción de poste de concreto tipo “RA”.

- Indicaciones de acotaciones.
- Indicaciones de la escala.
- Indicaciones de la caja de registro para dispositivo de conexión y medición.
- Indicaciones de dimensiones en mm.
- Indicaciones del nivel de terreno natural.
- Indicaciones de profundidad de la excavación.
- Indicaciones del dimensiones de capuchón de concreto.
- Indicaciones del tipo y diámetro de tubería conduit ahogada en poste “RA”.
- Indicaciones del corte de armado del poste “RA” .

2.- Detalles de grabado en caras del poste “RA”.

- Dimensiones de letras en cada una de las caras (en mm).
- Indicación del número de cara.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>DISEÑO, INSTALACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA</p>	<p>No. de Documento PROY-NRF-047-PEMEX-2002 Rev.: 0 PÁGINA 43 de 44</p>
--	--	--

3.- Construcción de capuchón de concreto.

- Detalle de corte (armado del capuchón vista de planta).
- Corte (armado y dimensiones del capuchón de concreto vista lateral).
- Corte (armado de poste "RA").
- Detalle (leyenda en capuchón de concreto vista de planta).

4.- Dispositivo de conexión y medición en el punto de drenaje. (detalles de construcción de instalación del shunt).

V Plano de postes de señalamiento y registro tipo "R".

Especificación de contenido.

1.- Construcción de poste de concreto para amojonamiento tipo "R" Elevación.

- Indicación de cortes que intervienen en este dibujo.
- Indicación de la caja de registro.
- Indicación de las acotaciones en mm.
- Indicación de la escala utilizada.
- Indicación de n.t.n.

Corte (vista lateral de poste "R").

- Acotaciones en mm.
- Indicar n.t.n.
- Indicación de la escala.
- Indicación de tubería conduit ahogada en poste.

2.- Datos grabados en los postes de concreto tipo "R".

- Cara a
- Cara b
- Cara c



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DISEÑO, INSTALACION Y
MANTENIMIENTO PARA LOS
SISTEMAS DE PROTECCION
CATODICA

No. de Documento
PROY-NRF-047-PEMEX-2002

Rev.: 0

PÁGINA 44 de 44

- Cara c1
- Cara c2
- Carad
- Acotaciones en mm.
- Indicar n.t.n.
- Indicación de la profundidad de instalación.
- Indicación de las letras en cada una de las caras con acotaciones en mm.

4.- Dispositivo de conexión y medición.

- Detalle de la vista frontal instalación de conductor tipo HMWPE-PVC.
- Detalle de la vista de perfil de la caja de conexiones incluyendo el shunt.
- Conexiones interiores del shunt en la caja de conexiones.
- Acotaciones en mm.

VI Plano constructivo y de instalación eléctrica de la caseta para rectificador.

VII Plano de subestación eléctrica.

VIII Plano(s) de línea de transmisión eléctrica.