

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05 JUN. 2024	Página: 1/ 16

Clasificación de la Información del Documento del SGI:	Pública <input type="checkbox"/>	Uso Interno <input checked="" type="checkbox"/>	Restringida <input type="checkbox"/>	Confidencial <input type="checkbox"/>
--	----------------------------------	---	--------------------------------------	---------------------------------------

Tabla de Ediciones		
Revisión	Fecha	Motivo de la Revisión
0	19.06.2002	
1	09.09.2004	
2	07.01.2008	
3	13.08.2010	
4	30.08.2013	
5	05 JUN. 2024	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de nombre del Documento (Antes: “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica”). - Actualización a formato vigente FG.003 R10. - Actualización integral del documento. - Mejoras y aclaraciones en las Tablas de Responsabilidades del punto 3. Desarrollo. - Actualización del Anexo 1 Tipos Test Points - Eliminación del formulario FO.166 Calibración de Equipo Medidor de Espesores

ÍNDICE	PÁG.
1. OBJETIVO Y ALCANCE	2
2. PRE-REQUISITOS	2
3. DESARROLLO	4
4. REGISTROS	15
5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	16

Elaboración  Nombre: Mateo Ticona Cargo: Jefe de Integridad a.i. Fecha: 05 JUNIO / 2024	Aprobación  Nombre: Israel Tapia / Ramón Navas Cargo: Gerente Sectorial de Mantenimiento / Gerente de Operaciones a.i. Fecha: 05 JUN / 2024
---	--

 <div style="text-align: right;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 2/ 16

1. OBJETIVO Y ALCANCE

Objetivo: Este instructivo describe prácticas reconocidas para el diseño e implementación de los sistemas de Protección Catódica (corriente impresa, ánodos de sacrificio y/o combinación de ambos) para proteger estructuras metálicas tales como: tanques enterrados, fondo externo de tanques, tuberías enterradas y/o sumergidos en agua o cualquier otro medio electrolito corrosivo.

El diseño e implementación de sistemas de protección catódica incluye lo siguiente:

- 1) Proveer suficiente corriente a la estructura a ser protegida y distribuir esta corriente de manera que se alcancen eficientemente los criterios seleccionados para protección catódica.
- 2) Minimizar las corrientes de interferencia sobre estructuras enterradas vecinas.
- 3) Proveer una vida de diseño del sistema de protección catódica, mensurable para la vida requerida de la estructura protegida.
- 4) Proveer un margen adecuado de corriente, para cambios anticipados en demandas de corriente con el tiempo.
- 5) Proveer facilidades de monitoreo adecuadas para evaluar el desempeño del sistema.

Alcance: Este instructivo aplica a todas las instalaciones operadas y/o mantenidas por YPFB Transporte S.A., sus empleados y sus contratistas.

2. PRE-REQUISITOS

- Competencias

Las disposiciones de esta práctica recomendada se deberán aplicar bajo la dirección de especialistas en protección catódica, que tengan conocimiento de Normas, Estándares y Regulaciones nacionales e internacionales, con experiencia comprobada en campo para realizar la ingeniería de diseño de los sistemas de protección catódica para tuberías enterradas y tanques de almacenamiento y que dispongan de certificados de la NACE y/o ASTM.

- Equipos/Instrumentos/Herramientas requeridas

a) Equipos e instrumentos para protección catódica: (Calibrados)


- Equipo para la toma de potenciales (multímetro digital de alta resistencia interna – Calibración vigente menor a 18 meses)
- Equipo para la medición de resistividades (calibración vigente menor a 18 meses)
- Medidor de espesores (Calibrados antes de cada uso con el patrón del equipo)
- Detector de Gas (calibración vigente menor a 6 meses)

b) Equipos e instrumentos para protección catódica: (No necesitan calibración)

- Registradores de corriente
- Interruptores de corriente
- Electrodo de referencia de Cu CuSO₄ (saturado)
- Detector de fallas de revestimientos (Pipe current maper, DCVG)
- Detector de tuberías
- Medidor de aislamientos eléctricos

c) Equipos de Protección Personal

- Casco
- Gafas de seguridad

 <div style="text-align: right;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 3/ 16

- Zapatos de seguridad
- Protector de oídos
- Ropa de trabajo
- Guantes de cuero, para alta temperatura y dieléctricos

- **Específicos de la Gestión de Seguridad, Medio Ambiente y Aspectos Sociales**

Para cada actividad a realizar es requisito obligatorio identificar peligros y evaluar riesgos a fin de tomar medidas de prevención de accidentes. Este análisis debe ser realizado bajo la metodología descrita en el procedimiento *PS.040 Gerenciamiento de Riesgos y Oportunidades* u otra metodología de la empresa contratista previamente aprobada por YPFB TR.

Contar con Planes de Emergencias actualizados en los sitios de trabajo según el *ITS.016 Elaboración del Plan de Respuesta a Emergencias y Simulacros*.

Al inicio de las actividades y de forma diaria, se deberán realizar charlas de concientización y coordinación de todo el personal involucrado para la prevención de daños a la salud, seguridad, medio ambiente y aspectos sociales, se deben registrar las charlas de concientización en el *FS.017 Informe de Reuniones de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Social*.

El manejo de residuos sólidos deberá realizarse de acuerdo al procedimiento *PS.037 Gestión de Residuos Sólidos*.

Revisar los equipos y herramientas que se utilizarán previo al inicio de la actividad según *ITS.023 Seguridad de Equipos y Herramientas*.

Se deberán tomar acciones inmediatas si se detecta una condición que pueda ser peligrosa para la propiedad o las personas en el área.

Entre otros documentos específicos y/o requisitos que pueden ser solicitados por las empresas para las cuales YPFB TRANSPORTE S.A. opera y/o mantiene sus instalaciones, tomar en cuenta los siguientes documentos referenciados a:

a) Aspectos de Seguridad


- PO.040 Manejo de Cambios
- PS.040 Gerenciamiento de Riesgos y Oportunidades
- PS.054 Permiso de Trabajo
- ITS.002 Ropa de trabajo y Equipos de Protección Personal
- ITS.009 Excavación
- ITS.013 Cierre y Etiquetado
- ITS.023 Seguridad de Equipos y Herramientas

b) Aspectos Ambientales

- PS.016 Prevención y Control de Derrames y Fugas de Hidrocarburos
- PS.027 Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica
- PS.037 Gestión de Residuos Sólidos
- PS.038 Manejo de Aguas Residuales y Pluviales

c) Aspectos Sociales

Se deberán prevenir conflictos sociales, ejerciendo normas de conducta basadas en: respeto mutuo, comunicación clara y reciprocidad, informando anticipadamente a la población vecina y autoridades locales sobre la actividad a ejecutar, coordinando con ellos en lo que corresponda, a

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 4/ 16

objeto de minimizar los impactos negativos y maximizar los posibles beneficios de nuestra actividad para la población local.

En coordinación directa con los responsables del área de RSE (Responsabilidad Social Empresarial) de la empresa para la cual se esté prestando el servicio, se deberán utilizar los procedimientos, formularios y/o formatos establecidos en el *PS.032 Gestión de Responsabilidad Social Empresarial con Partes Interesadas*. Algunos de los eventos que deberán ser considerados son:

- Anuncios de trabajos dentro del DDV.
- Registro de reuniones, solicitudes y/o quejas provenientes de la comunidad, las autoridades locales o particulares vecinos.
- Establecimiento objetivo del detalle y estado de la infraestructura que será afectada por algún trabajo de mantenimiento. En lo posible acompañar los reportes con fotos, diagramas, mapas u otros necesarios.

Es esencial la coordinación con el área de RSE (Responsabilidad Social Empresarial) , cuando se trata de trabajos de mayor intensidad o duración, establecimiento de campamentos y/o trabajos en zonas socialmente sensibles.

3. DESARROLLO

Ítem	Tareas	Coordinador de Integridad de Ductos	Supervisor/Técnico de Protección Catódica	Analista de Integridad	Contratista
3.1.	Relevar datos iniciales de lecturas de los potenciales.		R		
3.2.	Realizar un aviso de mantenimiento en el ERP-SAP en caso de que el proyecto lo lleve a cabo personal propio.	A	R		
3.3	Crear / planificar la Orden de Mantenimiento (OM) previa aprobación del Programa Mensual de Mantenimiento.			R	
3.4.	PROYECTOS				
3.5.	Realizar contratación del servicio de acuerdo al <i>PA.001 Contratación de Bienes y Servicios</i> .	R			
3.6.	Coordinar con el Fiscal del Proyecto de YPFB TR para realizar el aviso de mantenimiento y la emisión de la OM.	C	CR		R
3.7.	Realizar la ingeniería de diseño e implementación del Sistema de Protección Catódica.	C			R
3.8.	Revisar el informe final de la ingeniería de diseño e implementación del Sistema de Protección Catódica.	A	R		


R: Responsable

I: Informado

CR: Corresponsable

A: Aprueba

C: En coordinación con


 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 5/ 16

3.1 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

3.1.1 Tuberías

3.1.1.1 Parámetros de diseño

- a) Los sistemas de protección catódica se diseñan para una vida útil no inferior a 20 años para los Sistemas de Corriente Impresa y 10 años para los Sistemas con ánodos galvánicos o de sacrificio.
- b) Se requiere la siguiente información mínima para el diseño:
 - ✓ Planos de trazo y perfil, cartas geográficas (para instalaciones marinas).
 - ✓ Antecedentes de la tubería y/o estación a proteger catódicamente: fecha de construcción, especificaciones técnicas, conexiones, etc.
 - ✓ Especificaciones de la tubería, conexiones y otros accesorios.
 - ✓ Tipo y calidad del recubrimiento anticorrosivo dieléctrico.
 - ✓ Instalaciones adyacentes, cruces entre tuberías e interconexiones.
 - ✓ Cruces encamisados, cruces aéreos y subfluviales.
 - ✓ Aislamientos eléctricos, factibilidad de aislamiento eléctrico de las estructuras vecinas.
 - ✓ Puentes eléctricos.
 - ✓ Sistemas de protección catódica existentes o propuestos.
 - ✓ Posibles fuentes de interferencia (cables de alta tensión, transformadores, corrientes telúricas, interferencia entre lechos anódicos, etc.).
 - ✓ Accesibilidad a las áreas de trabajo.
 - ✓ Disponibilidad de energía eléctrica, factibilidad de adquirir el terreno necesario para la instalación si el mismo se encuentra fuera del DDV de la empresa y/o sus respectivas estaciones.
 - ✓ Pruebas de requerimiento de corriente, cálculo de la resistencia de cobertura y en base a este dato realizar el Diseño y/o Re-diseño del sistema de protección catódica, así como el número total de puntos de drenaje.
 - ✓ Mediciones de campo, a partir de las cuales obtenemos: perfiles de resistividad del suelo, perfil de potenciales “naturales”, “On”, “Instant Off” tubo-suelo medido respecto al electrodo de referencia correspondiente, planillas de pH y potencial Redox del suelo.
- c) Para la localización de nuevos lechos anódicos de corriente impresa, el contratista deberá elaborar las correspondientes mediciones de resistividades del suelo a profundidades de 1,5 / 3,0 / 4,5 y 6,0 metros y con distanciamiento de 10 metros entre lecturas, o en su defecto para lechos profundos hacer lecturas mayores o iguales a 50 metros para pruebas de resistividades de lechos profundos, se deberá utilizar el mismo equipo.
- d) Se deberán tener en cuenta las diferentes facilidades, materiales y equipos con que cuenten actualmente los Sistemas de Protección Catódica de propiedad de la empresa, que se encuentren en buen estado de funcionamiento, o que su reparación resulte técnica y económicamente viable y factible.
- e) Dependiendo de los resultados obtenidos en la inspección efectuada, a criterio del diseñador de la ingeniería, establecerá el porcentaje de tubería a considerar para efectos de protección. Sin embargo, la persona o empresa contratista deberá ser la responsable de obtener los niveles de protección en todos los puntos de la línea exigidos por la Norma


			
<p style="text-align: center;">Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica”</p>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 6/ 16

NACE – SP0169. Así mismo, se deberá considerar el estado actual de los tramos aéreos para la elaboración del diseño.

- f) Cuando en zonas remotas no se encuentre disponibilidad de energía eléctrica y resulte antieconómico la utilización de ánodos de sacrificio, se pueden diseñar sistemas de corriente impresa con rectificadores alimentados con paneles solares o con equipos termogeneradores para el caso de los gasoductos.
- g) Para la elaboración del diseño, se deberá realizar para cada línea en particular las pruebas de requerimiento de corriente que permitan establecer la corriente real requerida que garantice la protección total de la estructura, teniendo en cuenta el tipo y estado del revestimiento. Para la realización de estas pruebas, es necesario cerciorarse de la efectividad de los aislamientos. Se deberá prestar especial atención a sistemas de ductos paralelos o que recorren grandes distancias paralelamente.

3.1.1.2 Evaluación técnica de la ingeniería y diseño

- a) Toda estructura metálica, enterrada o sumergida, está sujeta al proceso de corrosión, por este motivo se deberá adoptar procedimientos adecuados de control de corrosión de forma tal de asegurar la integridad de la tubería; en caso de ser factible se prefiere aplicar la protección catódica mediante corriente impresa para tuberías.
- b) En el caso de no poderse proveer mayores niveles de protección para algunas zonas que hayan sido ya protegidas con sistemas de corriente impresa, se pueden efectuar los refuerzos requeridos mediante la utilización de ánodos de sacrificio, creando así un sistema combinado.
- c) Los ánodos se deberán instalar horizontal o verticalmente según el diseño y diagramas típicos de la empresa. El tipo de ánodo, su ubicación (de forma tal de no interferir con estructuras ajenas próximas existentes) y profundidad deberán ser indicadas en los planos de construcción y basados en las mediciones de resistividad de suelo, tomando en consideración las condiciones del lugar, tales como acceso, ubicación de servicios ajenos, etc.
- d) Los tramos cortos pueden ser protegidos mediante ánodos de sacrificio o baterías de ánodos, los cuales deberán ser instalados en grupos cuya separación sea definida en el diseño de acuerdo a las pruebas de campo.
- e) Detectar condiciones peligrosas en el sitio de la instalación propuesta con el objeto de garantizar la calidad y seguridad del trabajo.
- f) La especificación de materiales y prácticas de instalación deberán estar conformes a la última edición de códigos aplicables, Normas de Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), Código Eléctrico Nacional (NEC), normas nacionales apropiadas y prácticas recomendadas de la AMPP (The Association for Materials Protection and Performance).
- g) La realización de los “spools” y “hot taps” para los equipos termogeneradores, se deberá realizar de acuerdo a las normas internacionales aplicadas por la empresa (ASME, AMPP, otras) en cuanto a la selección de materiales, soldaduras, prueba hidrostática, radiografía, tintas penetrantes.
- h) Se deberá dar especial consideración en el Diseño y/o Re-diseño del sistema de protección catódica, a la presencia de sulfuros, bacterias, revestimientos desprendidos, revestimientos

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 7/ 16

de aislamiento térmico, temperaturas elevadas, apantallamiento, medios ambientales ácidos y metales disímiles.

- i) Se deberán evitar niveles excesivos de protección catódica que puedan causar desprendimiento del revestimiento y posible daño a aceros, como resultado de evolución de hidrógeno (fragilización por hidrógeno).
- j) Deberán estar disponibles los planos de la ingeniería de detalle de la instalación de ánodos, estaciones de prueba catódica, soldaduras, empalmes con resinas epóxicas, conexiones de cables, cajas de conexión o junction box, circuitos positivos y negativos, diagramas eléctricos y demás planos que sean requeridos para la ejecución física del Sistema de Protección Catódica.


3.1.2 Tanques

3.1.2.1 Parámetros de diseño


- a) Considerar los incisos “a” y “e” del punto 3.1.1.1 del presente documento especificados para tuberías.
- b) Cumplir con las normas AMPP que se aplican en YPFB Transporte S.A.
- c) Cuando existan estaciones que tengan tanques de diámetros mayores a 20 metros (>98.43 pies) se deberá evaluar la factibilidad técnico-económica de utilizar lechos de ánodo profundo.
- d) Para la localización de nuevos lechos anódicos de corriente impresa y de ánodos galvánicos, el contratista deberá elaborar las correspondientes mediciones de resistividades del suelo a profundidades de 1,5 / 3,0 / 4,5 y 6,0 metros y con la ubicación de los puntos de lecturas de acuerdo al diseño del sistema de protección catódica. Si se tratara de lecho de ánodo profundo, las medidas tienen que realizarse a distancias iguales y mayores a 50 metros.
- e) Para efectos de estimar la eficiencia o si existe un apantallamiento de las membranas o forros, se deberá considerar el tipo y estado de estos materiales. Para conocer con más exactitud los requerimientos de corriente se pueden efectuar pruebas para este fin.
- f) La elaboración del diseño, se deberá realizar basándose en pruebas de requerimiento de corriente para los fondos externos de tanques, que permitan establecer la corriente real requerida que garantice la protección total en todos los puntos de la estructura, de acuerdo a normas AMPP y API.
- g) Las demandas de corriente para fondos externos de tanques nuevos o propuestos se deberán establecer calculando las áreas superficiales y aplicando una densidad de corriente protectora basada en el tamaño del tanque, las características electroquímicas del medio ambiente. Una vez construido el tanque, si corresponde, se deberá verificar la corriente demandada por el sistema mediante pruebas de campo, de forma tal de confirmar lo estimado mediante cálculos.

3.1.2.2 Evaluación técnica de la ingeniería y diseño

- a) Existen varias características generales de sistemas de protección catódica con corriente impresa y corriente galvánica. Los sistemas de corriente impresa se utilizan usualmente para tanques de gran diámetro o donde las condiciones requieren más corriente de la disponible de ánodos galvánicos.

			
<p style="text-align: center;">Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica”</p>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 8/ 16

- b) Los materiales satisfactorios para ánodos incluyen óxidos de metal mezclado, polímero de carbono, grafito, hierro fundido con alto contenido de silicio y cromo, niobio y titanio platinado, chatarra o estructuras enterradas que fueron retiradas del servicio y limpiadas de contaminantes.
- c) Se deberán conocer las condiciones de peligro que prevalecen en el sitio utilizando metodologías de evaluación de riesgos.
- d) Al aumentar el nivel del líquido en el tanque se incrementa la demanda de corriente protectora y el potencial medido puede disminuir debido al área superficial de acero incrementada en contacto con el electrolito.
- e) Se deberá prestar consideración especial a la presencia de sulfuros, bacterias, revestimientos, temperaturas elevadas, apantallamiento, condiciones de pH, material de base del tanque tratado, contaminación del suelo / agua del subsuelo, metales disímiles e interfase del relleno / concreto / metal en el muro de anillo fundación y espirales de calentamiento o refrigeración debajo de los fondos externos de los tanques.
- f) Las juntas metálicas no soldadas puede que no sean eléctricamente continuas. La continuidad eléctrica se puede asegurar interconectando juntas existentes, donde se requiera aislamiento, se deberá tener cuidado de asegurar que el aislamiento no esté en corto, puenteado, etc.
- g) Los tres tipos más comunes de ánodos galvánicos efectivos en medios ambientes de suelo son el magnesio normal, el magnesio de alto potencial y el zinc de alta pureza.
- h) La selección y uso de estos ánodos se deberán basar en las demandas de corriente del fondo externo del tanque, las condiciones del suelo, la temperatura del fondo externo del tanque y el costo asociado con los materiales.
- i) La corriente disponible de cada tipo de ánodo depende mucho de las condiciones del suelo, de la forma del ánodo y del potencial de excitación del ánodo.
- j) No se deberán usar ánodos de zinc cuando la temperatura del ambiente del ánodo es superior a 49 °C (120 °F). Las temperaturas más altas pueden causar la neutralización del ánodo. La presencia de algunas sales, tales como carbonatos, bicarbonatos y nitratos en el electrolito pueden también afectar al comportamiento del zinc como un material para ánodo.
- k) Electrodo de referencia:
 - Cuando se mida el potencial del fondo externo del tanque a electrolito, la celda de referencia portátil se deberá colocar a intervalos alrededor del perímetro del tanque y debajo del tanque. Los potenciales medidos en estos sitios deberán ser representativos de todo el fondo del tanque debido a la instalación de ánodos debajo y/o alrededor del tanque.
 - Se deberán instalar celdas de referencia permanentes o tubos no conductores para la instalación de una celda de referencia portátil debajo de todos los tanques, prescindiendo del tipo de lecho de ánodos instalado.
 - Para tanques nuevos existentes, se deberá considerar el uso de un tubo no metálico perforado o ranurado instalado horizontalmente debajo del fondo externo del tanque desde fuera del muro de anillo. Este procedimiento se puede acometer perforando o taladrando huecos desde el muro de anillo hacia el centro del tanque. Con el tubo de

 <div style="text-align: right;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 9/ 16

acceso en su sitio, se puede pasar un electrodo de referencia a través del tubo para obtener mediciones de potenciales debajo del tanque. Se deberá tener consideración con los aspectos estructurales del tanque, base y fundación, para asegurar que las capacidades de soporte no sean afectadas adversamente.


- Se deberá tener sumo cuidado cuando se esté perforando o taladrando debajo de los tanques. Se deberá poner especial atención durante el diseño e instalación de tubos de acceso, para asegurar que ningún sistema de contención del tanque sea dañado por su instalación.

3.2 PUESTA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA

- a) El contratista deberá entregar el sistema de protección catódica funcionando a YPFB TRANSPORTE S.A., para lo cual el mismo prepara, con 8 días de anticipación de dar inicio con las pruebas, un procedimiento específico de Puesta en Marcha de los Sistemas de Protección Catódica el cual deberá ser aprobado por YPFB TRANSPORTE S.A.
- b) Se deberán poner en funcionamiento los URPC que componen el sistema de protección catódica regulando los mismos hasta alcanzar los valores de protección catódica requeridas de acuerdo a diseño. Se deja polarizar el sistema el tiempo requerido de 24 a 48 horas, se vuelven a medir los potenciales “On” e “Instant Off” de forma tal que el potencial “Instant Off” tubo-suelo medido respecto al electrodo Cu/CuSO₄ se encuentre entre -850 mV y -1200 mV.
- c) El procedimiento específico de Puesta en Marcha de los Sistemas de Protección Catódica aprobado por YPFB TRANSPORTE S.A. deberá contener como mínimo los siguientes puntos:
 - El potencial “ON” en cualquier punto de la tubería deberá ser igual o más negativo que -850 mV con relación al electrodo de Cobre Sulfato de Cobre.
 - El potencial “Instant Off” en cualquier parte de la tubería deberá ser igual o más negativo que -850 mV medido respecto a electrodo de Cu/CuSO₄ y no deberá ser más negativo a -1200 mV medido respecto al electrodo de Cu/CuSO₄; en los puntos de conexión del rectificador no deberá ser mayor a -1200 mV, referidos al electrodo de Cobre Sulfato de Cobre saturado.

Para la puesta en operación del sistema se deberá incluir un procedimiento que incluya las siguientes mediciones:

- ✓ Voltaje y corriente de alimentación AC, en vacío;
- ✓ Voltaje y corriente en vacío con los TAPS de ajuste en las posiciones máximas del rectificador;
- ✓ Voltaje y corriente AC y DC, con el sistema operando;
- ✓ Resistencia a tierra de la cama anódica;
- ✓ Resistencia de la puesta a tierra del rectificador;
- ✓ Resistencia de la puesta a tierra del transformador de media tensión;
- ✓ Perfil de resistividad de la cama anódica, cada 10 mt. y a 2 mt. de profundidad;
- ✓ Potencial natural tubo/suelo, en todas las estaciones de prueba, entrada y salida del tramo enterrado antes de energizar el sistema;
- ✓ Potencial tubo/suelo, en todas las estaciones de prueba, entrada y salida del tramo enterrado, después de estabilizado el sistema.

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 10/ 16

3.2.1 Interferencias

Concluidas las mediciones potencial “ON” e “Instant OFF” del ducto, se deberá mantener ciclando los equipos interruptores de corriente, de forma tal de evaluar las posibles interferencias en las líneas paralelas y que cruzan este ducto. En las estaciones de prueba especiales instaladas en los cruces con otras líneas, se deberá verificar si el potencial del otro ducto se hace más positivo en la posición Instant Off; en caso de que esto ocurra y siendo el ducto de propiedad de la empresa, se deberá interconectar ambas líneas a través de una resistencia adecuada a cada caso. La resistencia deberá ajustarse de modo que el valor del potencial del otro conducto varíe hasta 0.05 V con el cambio de posición On y Off de la llave temporizada instalada en el rectificador.

El contratista deberá verificar los cruces del ducto con otras tuberías, de tal forma que se pueda identificar los sitios dónde se deban instalar estaciones de prueba con estas características. Los materiales deberán ser suministrados por el contratista.

En caso de que ocurra lo inverso, o sea, que el potencial del ducto quede más positivo con la interconexión, el proceso anterior se deberá repetir invirtiéndose los ductos.

a) Corrosión por corrientes de interferencias

La corrosión por corriente de interferencia en estructuras metálicas enterradas o sumergidas difiere de otras causas de daños por corrosión, en que la corriente directa que causa la corrosión, tiene una fuente ajena a la estructura afectada. Usualmente la corriente de interferencia es recolectada del electrolito por la estructura afectada, de una fuente de corriente continua no ligada eléctricamente a la estructura afectada.

Los efectos dañinos de las corrientes de interferencia ocurren usualmente en sitios donde la corriente se transfiere entre las estructuras afectadas y el electrolito.


Los revestimientos se pueden desprender en las áreas donde los gradientes de voltaje en el electrolito empujan la corriente sobre la estructura afectada. Sin embargo, a medida que el revestimiento se va desprendiendo, un área mayor del metal puede ser expuesta, lo cual aumentaría la demanda de una corriente de protección catódica, esta falla puede crear problemas de apantallamiento.

b) Factores que aumentan la severidad de la corrosión por interferencia

- Separación y rutas de las estructuras interferentes y afectadas y ubicación de la fuente de corriente que interfiere;
- Magnitud y densidad de la corriente;
- Calidad del revestimiento o ausencia de un revestimiento en las estructuras involucradas;
- Presencia de ubicación de juntas mecánicas que tengan alta resistencia eléctrica.

c) Fuentes típicas de corrientes de interferencias

- *Corriente continua:* rectificadores de protección catódica, generadores termoeléctricos, sistemas de ferrocarriles y de tránsito electrificados con corriente continua, sistemas de arrastre y bombas en minas de carbón, máquinas de soldar y otros sistemas de potencia con corriente continua.
- *Corriente alterna:* sistemas de potencia con corriente alterna y sistemas de ferrocarriles electrificados con corriente alterna.
- *Corriente telúrica.* son corrientes existentes en la naturaleza provocadas por perturbaciones del campo magnético terrestre debido a la actividad del sol.

			
<p style="text-align: center;">Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica”</p>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 11/ 16

d) Detección de corrientes de interferencias

Durante los exámenes de control de corrosión, el personal de campo deberá estar alerta a observaciones eléctricas y físicas que pudieran indicar interferencia de una fuente ajena tal como las siguientes:

- Cambios de potenciales tubo-electrolito en la estructura afectada causados por una fuente ajena de corriente continua;
- Cambios en la magnitud o dirección de corriente de línea causados por una fuente ajena de corriente continua;
- Picaduras localizadas en áreas cerca o inmediatamente adyacentes a una estructura ajena;
- Daño a revestimientos protectores en un área localizada cerca de un lecho de ánodos o cerca de cualquiera otra fuente de corriente continua vagabunda.

3.2.2 Métodos de mitigación de problemas de corrosión por interferencias.

Los problemas de interferencia son individuales en naturaleza y la solución deberá ser mutuamente satisfactoria para las partes involucradas. Estos métodos pueden ser usados individualmente o en combinaciones.

Una resistencia variable puede ser necesaria en el circuito de puente para controlar el flujo de la corriente eléctrica de la estructura afectada a la estructura interferente.

La fijación de puentes eléctricos puede reducir el nivel de protección catódica en la estructura interferente. Se puede requerir protección catódica suplementaria en la estructura interferente para compensar este efecto.

Puede que un puente no mitigue efectivamente el problema de interferencia como en el caso de una tubería desnuda o con revestimiento pobre y que esté causando interferencia sobre una tubería revestida.

Se puede aplicar corriente de protección catódica a la estructura afectada en aquellos sitios donde se está descargando la corriente que interfiere. La fuente de corriente de protección catódica puede ser mediante ánodos galvánicos o de corriente impresa.

El ajuste de la salida de corriente de rectificadores de protección catódica interferentes puede resolver problemas de interferencia.

La reubicación de lechos de ánodos de rectificadores de protección catódica puede reducir o eliminar la captación de corriente de interferencia por estructuras cercanas.


El cambio de la ruta de tuberías propuestas puede evitar fuentes de corriente de interferencia.

Las piezas de aislamiento ubicadas apropiadamente en la estructura afectada pueden reducir o resolver problemas de interferencia.

La aplicación de revestimiento a área(s) de captación de corriente pueden reducir o resolver problemas de interferencia.

3.2.3 Planos As Built

El contratista deberá elaborar y presentar los planos As-built con todos sus detalles, una vez instalada y montada la respectiva Unidad Rectificadora de Protección Catódica (URPC), entre los cuales se deberá incluir: la localización de las tuberías, de las acometidas del transformador al rectificador, del rectificador a la tubería, del rectificador a la cama anódica, de los ánodos, de la caseta del rectificador y de las puestas a tierra.

 <div style="text-align: right;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 12/ 16

El informe final deberá presentarse con tres originales y digitalizada, elaborando la parte escrita del informe en Microsoft Word y los formatos de registro en Microsoft Excel , así mismo todos los planos y detalles de instalación deberán ser elaborados en AutoCad. Los cronogramas de trabajo deberán ser presentados en Microsoft Project.

Los documentos que no sean elaborados bajo las especificaciones del *PO.007 Dirección de Proyectos*, deberán ser devueltos al contratista sin revisión alguna.

3.2.4 Especificaciones de equipos y materiales

a) Unidades rectificadoras

Para suministrar la corriente requerida para la protección del sistema, se utilizan rectificadores de onda completa. La unidad rectificadora deberá montarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y dentro de una caseta de protección.

La alimentación eléctrica deberá ser tomada de las líneas de baja tensión en cercanías al derecho de vía, mediante la utilización de transformadores monofásicos de montaje en poste. Se deberán utilizar preferiblemente los existentes en la región.

La unidad rectificadora incorpora el circuito rectificador, equipo de regulación, etc., con salida de regulación manual y/o automático. El enfriamiento deberá ser por aire o por aceite según se requiera debiendo especificar claramente el tipo escogido en el documento de diseño.

En caso de instalar rectificador enfriado por aceite dieléctrico se deberá asentar sobre base de hormigón con bermas de contención perimetral, cuya capacidad permita contener el 110% del volumen del fluido refrigerante.

Los rectificadores deberán contar con pararrayos en ambos circuitos, es decir tanto en el lado AC como en DC, con “tap” de ajuste grueso y fino e indicadores de voltaje y corriente DC y AC.

Las Unidades Rectificadoras para Protección Catódica (URPC) propuestas en el diseño deberán estar de acuerdo con las condiciones de operación que prevalezcan en la región.

Las URPC deberán ser seleccionadas de tal forma que aseguren una operación continua con los rangos de elevación y temperatura de la localización del proyecto y para un máximo de humedad del 100%.

Las marcas más recomendadas son aquellas que tienen certificación específica para protección catódica como ser Universal, Corrpro o similares.


Las cabinas de las unidades rectificadoras deberán ser a prueba de agua, de cerramiento completo. El compartimento de controles deberá ser protegido contra polvo y agua y cumplir con las Normas NEMA MR-20 y NEMA 4. Todas la ventilas deberán tener una malla que prevenga la entrada de insectos.

La cabina del rectificador deberá ser de lámina Cold rolled, galvanizada, 3 mm (1/8”) de espesor. Todos los filos, ángulos y soldaduras deberán ser pulidos antes de la galvanización.

La cabina deberá tener un mecanismo que permita colocar un candado de seguridad para prevenir la manipulación por parte de personal no autorizado.

b) Unidades termogeneradoras

La unidad termo-generadora deberá montarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y dentro de un enmallado de protección por situaciones de seguridad y/o evitar vandalismo.

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 13/ 16

Las marcas más recomendadas son aquellas que tienen certificación específica para protección catódica como ser: Global Thermoelectric entre otras.

La cabina deberá tener un mecanismo que permita colocar un candado de seguridad para prevenir la manipulación por parte de personal no autorizado.

c) Transformadores de tensión

Deberán ser del tipo primario separado del secundario con graduación (Taps) fino y grueso en el secundario y con una eficiencia del 95% como mínimo. Deberá cumplir con las especificaciones de potencia y número de fases de acuerdo con los requerimientos del diseño.

Todos los transformadores deberán ser instalados en postes de concreto.

Deberán cumplir con los requisitos exigidos por la distribuidora de energía eléctrica de la zona donde se realiza la instalación.


d) Ánodos inertes

- Ánodos de ferro silicio cromo: Se deberá tener un tamaño y peso específico para cada caso. Su composición química deberá tener un contenido de silicio entre el 14 y 15%, de cromo entre el 3 y 5% y carbono entre el 0.7 y 1.1%, tipo E, conexión sellada con encapsulamiento epóxico y como mínimo 3 metros de cable AWG No. 8 con aislamiento.
- Ánodos de grafito: Deberán ser de 26 libras y tener dimensiones de 3” de diámetro por 60” de longitud y con mínimo 3 metros de cable AWG No. 8 con aislamiento HMWPE. Deberán ser fabricados de coque de petróleo calcinado y alquitrán de hulla, pre-tratados con aceite de linaza, con conexión central.
- Otros ánodos: En caso de requerimientos elevados de corriente se pueden especificar ánodos de titanio, magnetita, de cerámica y metales mixtos, estos ánodos deberán tener las especificaciones del fabricante de los mismos.
- Backfill o relleno de los ánodos inertes: El backfill para los ánodos de lechos superficiales, deberán ser de cisco de coque metalúrgico calcinado o de coque de petróleo con una composición en peso dentro de los siguientes rangos:

TABLA N°1
Especificaciones del Backfill

Componentes y especificaciones	Unidad
Carbono fijo	Mínimo 94%
Humedad	5% máximo
Materia volátil	0.5 a 1%
Cenizas	3 – 5% Máximo
Azufre	0.5 a 1% máximo
El tamaño máximo permitido del grano	3/8”
Densidad de compactación	45 a 50 libras/pie ³
La resistividad del coque deberá ser máximo	50 hm-cm

Fuente: NACE

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 14/ 16

Nota:

Solo se aceptan marcas Asbury o Loresco, mientras no se demuestre la calidad y composición de otros Backfills.

e) Ánodos galvánicos

- Ánodos de magnesio: Los ánodos de sacrificio a ser utilizados para la protección de la tubería y/o tanques, deberán ser de magnesio, fundidos y moldeados con una pureza superior al 89% (High Potencial anode) y deberán ser certificados por el fabricante. Los ánodos se deberán instalar preempacados en bolsas de algodón con un backfill o relleno de mezcla: 75% yeso, 20% bentonita y 5% de sulfato de sodio.
- Ánodos de zinc: Se recomienda el uso de ánodos de zinc con un 95% de pureza, cuya capacidad de drenaje de corriente sea aproximadamente 780 Amp-hr/Kg min, los ánodos a ser usados deberán contar con el respectivo certificado de calidad del fabricante.

f) Aislamientos

Ver ITM.012 Inspección de Tuberías por Corrosión.

g) Acometidas eléctricas**Nota:**

Los cables para lechos anódicos, estaciones de prueba, electrodos de referencia, conexiones a la tubería interconexiones entre tubos y en general para cualquier tipo de trabajos Subterráneo o Sumergido, se deberán efectuar con cable cuyo revestimiento sea High Molecular Weight (HMWPE) Siete Hilos, no se acepta otro tipo de cable.


Las conexiones a la tubería de los cables de protección catódica y de medición se deberán realizar mediante soldadura cuproaluminotérmica del tipo cadweld, para lo cual la superficie de la tubería se deberá preparar con una lima gruesa. Dependiendo del tipo de carga y del tamaño del cable utilizado, puede ser necesario colocar un manguito de cobre (tubería de freno) en el extremo desnudo del cable para prevenir daños durante la soldadura. Se deberá cubrir la soldadura con un handy cap, parche termo contraíble o Pintura epóxica (100% sólidos).

El tendido de todos los cables del Sistema de Protección Catódica deberá ser simple, continuo y sin empalmes, excepto donde se autorice algo diferente por indicación especial. Bajo ninguna circunstancia se deberá dejar el cable expuesto (sin recubrimiento).

Para las acometidas enterradas de protección catódica, deberá instalarse dentro de “conduits de PVC” para trabajo pesado, embebido en concreto y en la superficie del concreto se deberá colocar cinta de señalización amarilla. Los extremos de los “conduits” deberán sellarse con una masilla de buena calidad que evite el ingreso de humedad.

Los extremos de los cables de los ánodos se deberán acoplar en el cable principal utilizando conectores de cobre de tornillo partido (split bolt connector) KS tipo Burndy o similar, protegidos con uniones encapsuladas de derivación Splice Kit tipo americano.

Las acometidas que salgan a la superficie de protección catódica deberán hacerse en “conduits” galvanizados. En caso de encontrarse en estaciones, áreas de tanques o zonas con riesgo de explosión, deberán ajustarse a las normas aplicadas para tales sitios.

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 15/ 16

Las acometidas eléctricas enterradas en A.C. deberán instalarse en “conduits” galvanizado embebido en concreto.

Las acometidas que salgan a la superficie A.C. deberán hacerse en “conduits” galvanizados, en caso de encontrarse en estaciones, áreas de tanques o zonas con riesgo de explosión deberán ajustarse a las normas aplicadas para tales sitios.

Los cables para las acometidas eléctricas en A.C. deberán estar de acuerdo a las exigencias de la empresa distribuidora de la zona, en su caso, estaciones, áreas de tanques o zonas con riesgo de explosión deberán ajustarse a las normas requeridas para tales sitios.

h) Estaciones de prueba

Deberá contemplarse en el diseño que las estaciones de prueba catódica deberán estar colocadas como mínimo cada dos kilómetros a lo largo de las líneas y en las siguientes ubicaciones específicas:


- A la salida de las Unidades Rectificadoras para controlar en las mismas los puntos de drenaje y potencial máximo de salida del equipo.
- Las estaciones de prueba catódica se deberán instalar siempre a la derecha del sentido del flujo y distanciadas tres metros del eje de la tubería.
- En todos los cruces con tuberías ajenas o ramales, en la ubicación de juntas monolíticas aislantes, en cruces de caminos y ríos, o en cualquier otro punto que sea indicado en los planos del proyecto.
- En cruce de líneas de alta tensión superiores a 34.5 KV y en ambos extremos de una sección que corra paralela a líneas de tensión aérea superior a 13.8 KV.
- Todas las estaciones de prueba catódica se clasifican según los diferentes sistemas de protección catódica descritos en el anexo 1 de este instructivo.
- Los terminales de los cables dentro de las estaciones de prueba catódica se deberán realizar con terminales de compresión de cobre estañado, conectados a pernos de bronce o aluminio montado sobre un material aislante o baquelita.

Nota:

El contratista deberá someter a la aprobación de YPFB TRANSPORTE S.A. el diseño propuesto para la estación de prueba catódica, el cual deberá considerar las instalaciones actualmente existentes. Por instrucción especial y solamente para nuevas tuberías o para aquellas donde actualmente no se cuente con estaciones de prueba, YPFB TRANSPORTE S.A. deberá presentar su plano estandarizado.

4. REGISTROS

Nombre del Registro	Responsable Almacenamiento		Tipo de Almacenamiento		Tiempo de Almacenamiento
	Físico	Electrónico	Físico	Electrónico	
Orden de Mantenimiento (incluye Permisos de Trabajo Específicos y No Rutinarios y documentación de respaldo)	Supervisor de Protección Catódica/Técnico de Protección Catódica		Original: Papel	N/A	Permanente

 <div style="text-align: center;"> Instrucción de Trabajo “Ingeniería para los Sistemas de Protección Catódica” </div>			
ITM.021	Revisión 5	Vigente desde: 05.06.2024	Página: 16/ 16

Nombre del Registro	Responsable Almacenamiento		Tipo de Almacenamiento		Tiempo de Almacenamiento
	Físico	Electrónico	Físico	Electrónico	
Diseño de Ingeniería		Coordinador de Integridad Ductos	✓	✓	Permanente
Certificados de Calibración de Instrumentos utilizados		Coordinador de Integridad Ductos	✓	✓	Permanente
OM (Orden de Mantenimiento)		Analista de Integridad	N/A	✓	Permanente
Base de Datos Empresarial		Supervisor Info Técnica y Geográfica	N/A	✓	Permanente

5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

5.1 Anexos

Anexo 1: Tipos Test Points

5.2 Indicadores de Gestión

No presenta.

5.3 Materiales de Referencia

a) Documentos Co- Vigentes

- ITM.012 Inspección de Tuberías por Corrosión

b) Normas

- AMPP-SP-0169 Control of External Corrosion on Underground or Submerged Piping System.
- AMPP-SP-0177 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.
- AMPP-SP-0286 The Electrical Insulation of Cathodically Protected Pipelines.
- AMPP- RP-0193 External Cathodic Protection of On – Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms.
- NEMA MR-20 Rectifier Units for Cathodic Protection.
- ASTM G-57 Standard Methods for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner four Electrode Method.
- ASME:
 - B 31.8 Capítulo VI) Gas Transmission and Distribution Piping System Corrosion Control.
 - B 31.4 Capítulo VIII) Liquid Petroleum Transportation Piping Systems Corrosion Control.