

Sistemas de protección catódica en tuberías enterradas de acero. Implantación, puesta en marcha y mantenimiento

José M^a Vera Barceló

Ingeniero Industrial

Director técnico GULDAGER ELECTROLISIS, S.A.

jmvera@guldager.es

Introducción

En el presente escrito se resume la técnica de la Protección Catódica a partir del mecanismo de su funcionamiento, condiciones para su implantación y la posterior puesta en servicio.

Se detallan los dos sistemas de aplicación del sistema, los requisitos a respetar durante la construcción de la tubería a proteger para asegurar la eficacia del sistema y se describen los diferentes materiales utilizados.

Finalmente se comentan las diferentes influencias debidas a instalaciones ajenas que pueden afectar a la tubería a proteger y se recomiendan las operaciones de control, necesarias para garantizar la efectividad del sistema a lo largo del tiempo.

Pila de corrosión

Para explicar el funcionamiento de la protección catódica, es necesario introducir el mecanismo de la pila de corrosión.

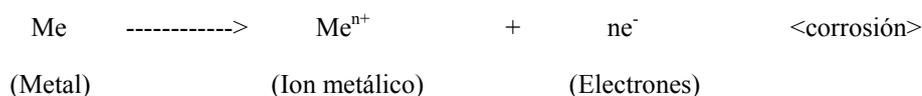
Mecanismo

Razones termodinámicas motivan que los metales que se han obtenido a partir de sus minerales en la naturaleza tiendan, en su uso normal, a volver al estado combinado. El fenómeno que conduce al deterioro progresivo de las propiedades metálicas queda designado por el término **corrosión**.

La corrosión es casi siempre de naturaleza electroquímica, esto es, una corriente eléctrica que circula entre determinadas zonas de la superficie del metal, conocidas con el nombre de **ánodos** y **cátodos**, a través de una solución llamada **electrolito** capaz de conducir dicha corriente. Este conjunto constituye micro o macro pilas en las que *la zona anódica es la que sufre los efectos de la corrosión*.

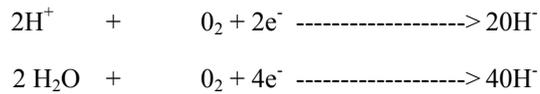
Cuando los átomos del ánodo se disuelven para formar iones, los electrones que dejan libres hacen al ánodo negativo con respecto a la solución. Sus electrones pasan al cátodo a través de la masa metálica y allí neutralizan a los iones positivos. La corrosión, por tanto, es sostenida por procesos simultáneos anódicos y catódicos (Fig. 1).

Reacciones anódicas:



Reacciones catódicas:





CORROSIÓN

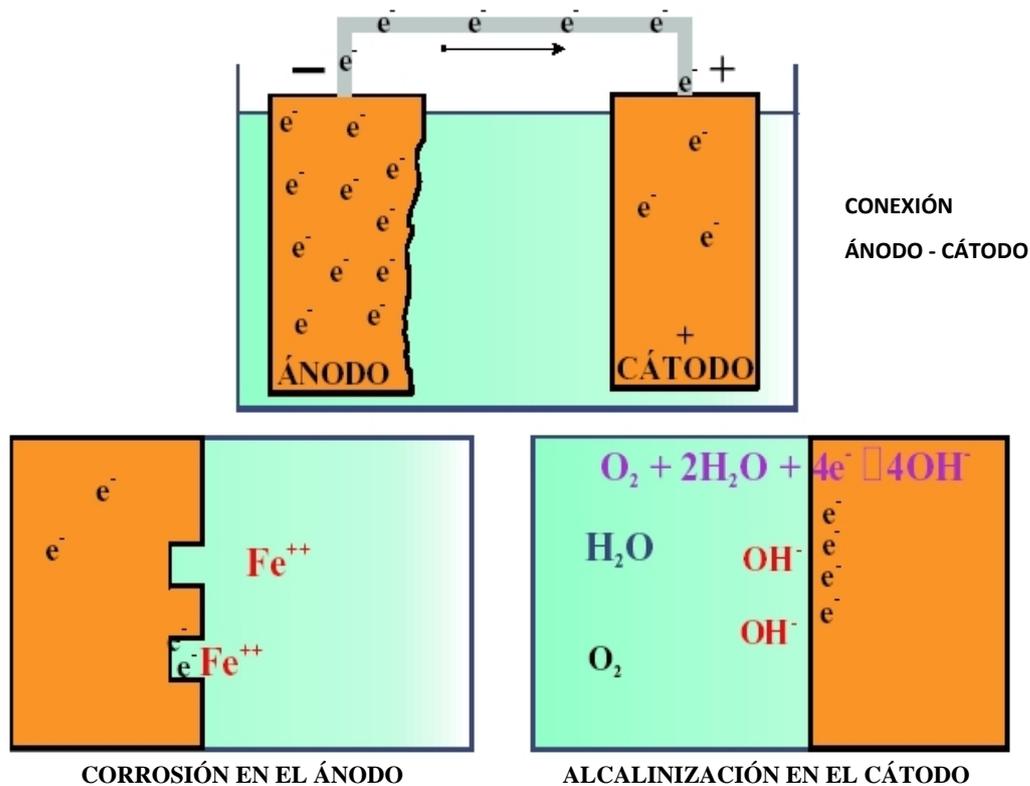


Figura 1

Esta corrosión de tipo electroquímico, característica de estructuras sumergidas o enterradas, es sumamente peligrosa, no por la pérdida de metal en sí, que suele ser pequeña, sino por tratarse de una corrosión localizada que puede ser origen de picaduras profundas.

Para que exista corrosión hemos visto la necesidad de que existan simultáneamente ánodos, cátodos y un electrólito.

Estos ánodos y cátodos son micro o macropilas con una diferencia de potencial entre sus dos semielementos.

Las micropilas pueden tener su origen en el metal o en el electrólito, siendo en cada caso provocadas por varios motivos que pueden proceder de las características del metal o del electrolito.

Características del metal

Para que existan *micropilas en el metal*, es necesaria la presencia de heterogeneidades que pueden ser de varios tipos:

- de construcción: metales o aleaciones polifásicas.
- de *estructura*: fina, gruesa, deformada, etc.
- *mecánicas*: creadas por tensiones externas o internas.
- debidas a *diferentes estados superficiales*: grado de pulido, rayas, acoplamientos, óxidos.

En las tuberías metálicas enterradas, los mayores riesgos se deben a los fallos del revestimiento.

Características del medio corrosivo

Las micropilas debidas al electrólito o medio corrosivo pueden resultar de diferencias de temperatura, pH, concentración y, en particular, de diferencias en el contenido de oxígeno, formando las pilas de aireación diferencial que son una fuente importantísima de fenómenos de corrosión.

El reparto no uniforme de oxígeno en el electrolito es un importante factor de corrosión, independientemente de la naturaleza del metal; las partes más aireadas funcionan como cátodos y las menos aireadas (rayas, entrantes agudos, uniones con radio de curvatura insuficiente, etc.) como ánodos, y son, por consiguiente atacados.

Las macropilas tienen su origen, por ejemplo, en uniones de metales distintos (Fig. 2), o en zonas del electrolito con diferencias de resistividad (Fig. 3), o en el efecto de corrientes vagabundas.

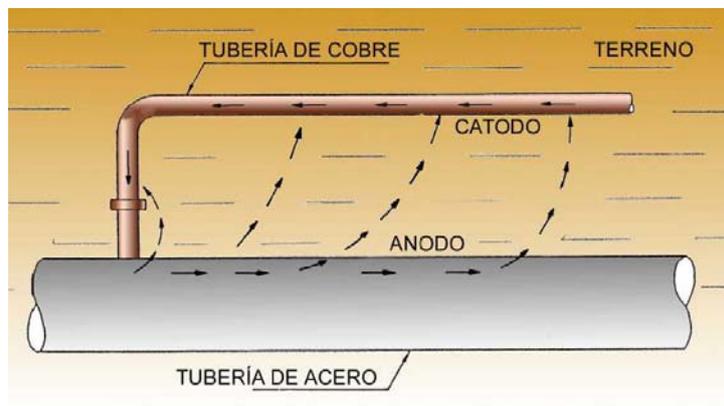


Figura 2

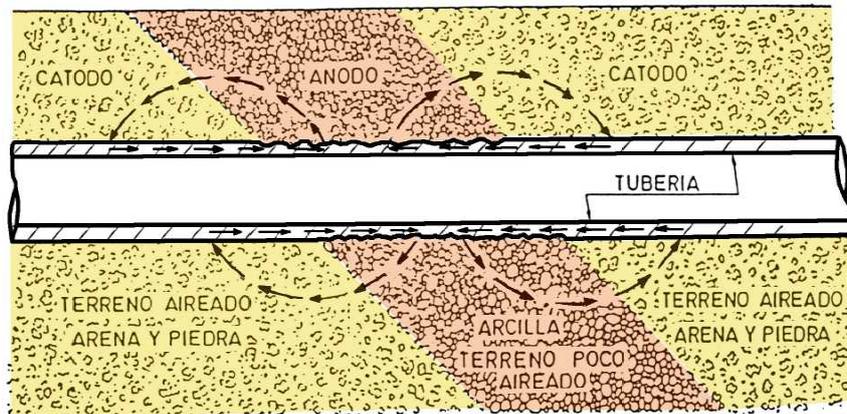


Figura 3

Métodos de protección

Podemos distinguir tres métodos de protección:

Métodos de diseño

Al proyectar cualquier estructura metálica deberán seleccionarse ante todo los materiales a emplear, teniendo la precaución, en el caso de trabajar con materiales con potenciales electroquímicos distintos, de aislarlos eléctricamente.

Es fundamental que las tuberías metálicas enterradas no se conecten a metales enterrados más nobles como el cobre de las tomas de tierra o armaduras de hormigón armado.

Asimismo el diseño debe evitar las situaciones que propicien pilas de corrosión.

Recubrimientos protectores

Entendemos como recubrimiento protector aquel que intenta evitar el contacto entre el electrolito y el metal.

Este recubrimiento puede ser metálico por inmersión, proyección, electrodeposición, etc o variando la composición de la superficie metálica con un anodizado, fosfatado, cromatado, pavonado, aplicación de un estabilizador de óxido, etc.

Asimismo pueden utilizarse recubrimientos inorgánicos como vitrificados, silicatos de zinc, cemento, o bien recubrimientos orgánicos aplicados en frío o en caliente, siendo estos últimos los más empleados en estructuras enterradas.(Encintados, aplicación de polietileno extruido, polipropileno, poliuretano, etc).

Métodos electroquímicos

El método más extendido es la PROTECCIÓN CATÓDICA y tiene un gran campo de aplicación en los metales enterrados o sumergidos y en los recipientes que contienen líquidos.

La protección catódica es un excelente complemento de los recubrimientos.

Protección Catódica

Introducción

La protección catódica es uno de los métodos electroquímicos de que disponemos para luchar contra la corrosión.

El diagrama de Pourbaix refleja el comportamiento del hierro frente a la corrosión, en función de su potencial respecto al electrodo normal de hidrógeno y su pH.

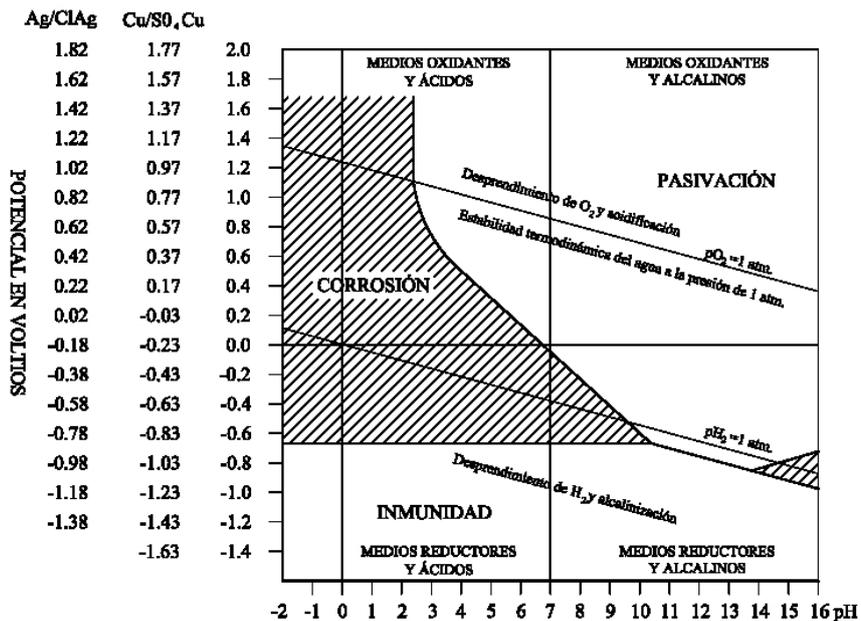


Figura 4: Diagrama de Pourbaix

Este diagrama representa las circunstancias teóricas de corrosión, de pasivación y de inmunidad del hierro en presencia de una solución acuosa de 25°C. El examen de este diagrama muestra la posibilidad de proteger al hierro por los tres métodos siguientes:

- Elevar el potencial hasta situarse en la zona de *pasivación* mediante la protección anódica.
- Alcalinizar el medio hasta superar el pH frontera entre la zona de corrosión y la de *pasivación*.
- Rebajar el potencial para situarse en la zona de *inmunidad* mediante la protección catódica.

Fundamentos

La *protección catódica* consiste en convertir en cátodo toda la superficie metálica a proteger, consiguiendo que por toda ella penetre corriente continua.

Por medio de una corriente eléctrica aplicada exteriormente, la corrosión se reduce virtualmente a cero y se puede mantener una superficie metálica en un medio corrosivo, sin sufrir deterioro durante un tiempo indefinido.

Cuando un metal se está corroyendo tiene multitud de ánodos y cátodos. Cuando se produce un fenómeno de corrosión generalizada, ello es debido a que la pequeña diferencia de potencial de las micro pilas, permite que al formarse óxido sobre el ánodo éste se pasive lo suficiente para pasar a ser catódico frente a otra zona. Al alternarse las situaciones anódicas y catódicas el ataque es prácticamente uniforme.

La Fig. 5 representa un par ánodo-cátodo situado en el mismo trozo de metal sumergido.

Vemos que a través del metal existe un flujo de electrones del ánodo al cátodo que es el que permite que continúe la corrosión.

El sentido convencional de la corriente, inverso al de los electrones, es, pues, a través del metal del cátodo al ánodo, y en el electrolito sale corriente continua por el ánodo y entra por el cátodo.

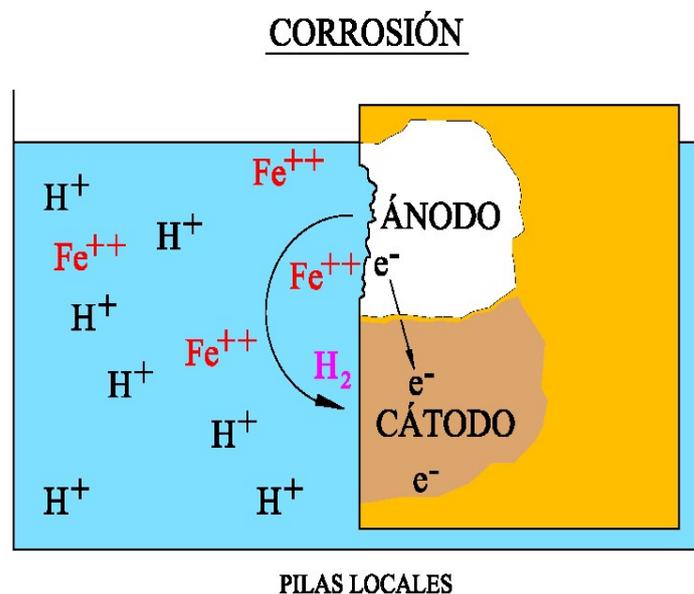


Figura 5

En definitiva, vemos que en las zonas por las que sale corriente continua del metal al electrolito (los ánodos) hay corrosión, y en las zonas en las que penetra corriente continua del electrolito al metal (los cátodos) hay protección.

Para lograr la protección catódica unimos nuestro conjunto de ánodos y cátodos a un ánodo exterior (Fig. 6), que sabemos que sufrirá corrosión, capaz de suministrar la suficiente corriente continua para que penetre por toda la superficie a proteger.

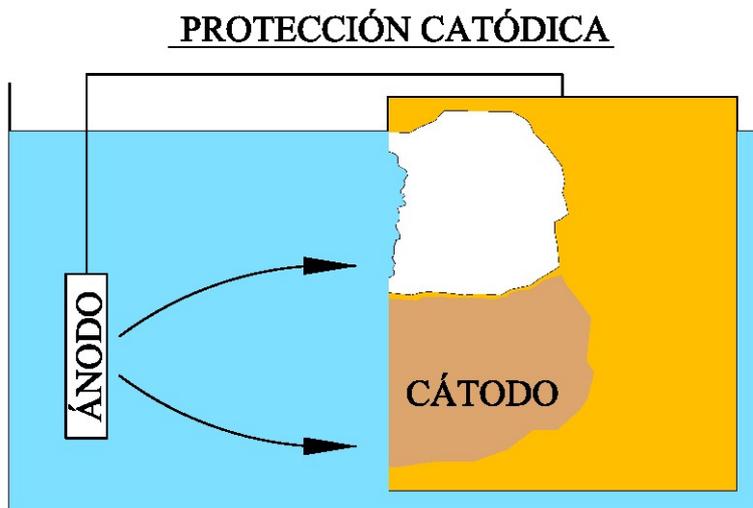


Figura 6

Podemos decir que la corriente que circulaba por el metal y salía del antiguo ánodo al electrolito, se ve ahora forzada, por la presencia del ánodo de la protección catódica, a seguir por el conductor, desapareciendo este antiguo ánodo que ahora actúa catódicamente.

De acuerdo con el diagrama de Pourbaix, (Fig. 4), la inmunidad del acero se alcanzará una vez se haya modificado su potencial hasta el valor de -850 mV medido respecto al electrodo de referencia de $\text{Cu} / \text{SO}_4\text{Cu}$.

Tipos de Protección Catódica

Existen dos tipos de protección catódica según la manera de suministrar los electrones a la estructura metálica.

Por ánodos de sacrificio

Consistente en conectar a la tubería de acero un elemento de un material más electronegativo que él.

La diferencia de potencial entre ambos metales dará lugar a una circulación de electrones desde el material más electronegativo (ánodo) al acero (cátodo).

Como materiales anódicos pueden utilizarse aleaciones de zinc, aluminio y magnesio. Para tuberías enterradas se utilizará el magnesio que es el que posee el potencial más electronegativo y por lo tanto el que más capacidad de emitir electrones tendrá.

Por corriente impresa

Si por una resistencia elevada, o por una intensidad necesaria alta, tenemos dificultades con los ánodos de sacrificio, podemos usar como ánodo cualquier metal que nos convenga y lograr la diferencia de potencial necesaria con una fuente de corriente continua cuyo negativo conectaremos a la estructura a proteger. Este método se denomina *protección catódica por corriente impresa* o corriente forzada.

La fuente será un transformador, equipo que transforma la corriente alterna de la alimentación eléctrica en corriente continua. Al polo positivo se conectará el conjunto de ánodos y al polo negativo la tubería o estructura a proteger.

Al aplicar una tensión entre el positivo y el negativo tendrá lugar la circulación de corriente deseada.

Los ánodos más utilizados en los sistemas por corriente impresa son los de titanio, activados externamente mediante una capa constituida a base de mezcla de óxidos de metales nobles (MMO Metal Mixed Oxides). Ver Figura 7.

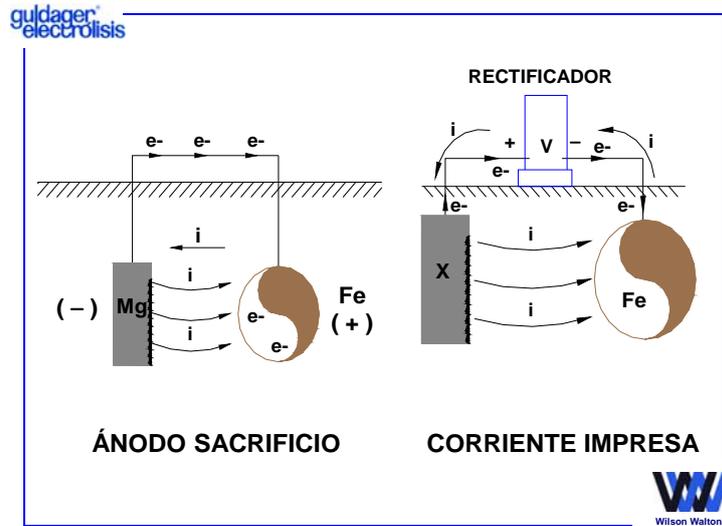


Figura 7

Normativa de Protección Catódica

La principal normativa de protección catódica aplicable a tuberías enterradas es la siguiente:

- UNE-EN-12954 (2002).- *“Protección catódica de estructuras metálicas enterradas o sumergidas. Principios generales y aplicación para tuberías”.*
- UNE-EN-13509 (2003).- *“Técnicas de medida en protección catódica”.*
- NORMA DIN 30676.- *“Planificación y aplicación de la protección catódica contra la corrosión para la protección exterior”.*
- UNE-EN-50162 (2005).- *“Protección contra la corrosión de corrientes vagabundas de los sistemas de corriente continua”.*
- UNE-CEN/TS 15280 IN.- *“Evaluación del riesgo de corrosión de las tuberías enterradas ocasionado por corrientes alternas”.*
- REBT (2002).- *“Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”.*

Diseño del sistema de Protección Catódica

Para seleccionar el tipo de sistema de protección catódica a utilizar y dimensionar los equipos adecuados, debería llevarse a cabo en cada caso un Estudio de Protección Catódica.

El estudio constará de trabajos de campo para llevar a cabo mediciones del terreno y observancia de la posible presencia de agentes externos que puedan influir sobre el sistema y de los trabajos de cálculo en el gabinete.

El estudio contemplará además de la determinación del sistema de protección catódica definitivo, la de un sistema de protección provisional con ánodos de magnesio en el caso de que la acometida eléctrica a los rectificadores no pudiera realizarse en un período corto de tiempo desde la instalación de la tubería.

Implantación de un sistema de Protección Catódica

Requisitos

Indistintamente del sistema de protección catódica utilizado, para una correcta implantación del sistema de protección catódica, existen dos requisitos indispensables que se deben contemplar durante la construcción de la tubería:

Aislamiento eléctrico respecto a otras estructuras metálicas enterradas

La tubería a proteger no deberá tener contacto con ninguna otra estructura que no se desee proteger.

Así pues deberá quedar aislada de las armaduras de arquetas y piezas hormigonadas, hincas metálicas bajo carreteras, ferrocarriles, etc, de apoyos o pilas en tramos autoportantes, balsas etc.

En la conexión a instalaciones como Estaciones de Bombeo, estaciones de filtrado, etc, deberá conseguirse el aislamiento de la tubería instalando juntas aislantes preferentemente del tipo monobloc.

En el caso de que existan elementos electromecánicos intercalados en la tubería como caudalímetros, válvulas motorizadas, etc. que deban disponer de puestas a tierra, éstas serán independientes y construidas en zinc o acero galvanizado.

Observancia del buen estado del revestimiento

Deberán repararse todos aquellos desperfectos que se hayan producido en el revestimiento de la tubería durante las distintas fases desde su fabricación hasta el tapado de la misma.

Asimismo deberán revestirse las uniones soldadas entre tubos con un revestimiento lo más similar posible al del resto de la tubería.

Fases de la implantación del sistema

En la implantación del sistema pueden distinguirse las siguientes fases:

Antes de la construcción de la tubería

- Realización del Estudio de Protección Catódica
- Definición de todos los detalles de instalación

Durante la construcción de la tubería.

- Cumplimiento de los requisitos indicados
- Conexión de cables a tubería en tramos enterrados
- Instalación de protección catódica provisional por ánodos de sacrificio, si es necesaria

Finalizada la construcción de la tubería:

- Instalación de los distintos elementos de protección catódica: ánodos, rectificador, tomas de potencial, etc.
- Revisión del revestimiento
- Puesta en servicio del sistema de protección catódica

Materiales de un sistema de Protección Catódica

En un sistema por ánodos de sacrificio

Anodo de magnesio

La aleación más frecuente tendrá la siguiente composición:

Al: 0,01% máx.; Cu: 0,02% máx.; Si: 0,05% máx.; Mn: 0,5% - 1,3%; Fe: 0,03% máx.; Otras impurezas: 0,05% máx.; Total otras impurezas: 0,30% máx. Mg: resto.

El potencial electroquímico en circuito abierto será de -1,75 V (vs. Cu/SO₄Cu) y la capacidad eléctrica de 1230 Amp x h / Kg.

Existen otras aleaciones con un potencial inferior; su uso obligará a instalar un mayor número de ánodos.



Figura 8

El ánodo se suministrará en el interior de un saco de tela de retor relleno de mezcla activadora de la siguiente composición:

Bentonita 20%, Yeso 75% SO₄Na 5%

Existe una amplia variedad de pesos y dimensiones de ánodos que permiten ajustar los diseños a las necesidades de corriente y vida deseadas. Ver figura 8.

En determinados proyectos pueden utilizarse ánodos de aleación de zinc con un potencial inferior del orden de -1,05 V.

En un sistema de corriente impresa

Transforrectificador

Alimentado a tensión eléctrica monofásica o trifásica, pudiendo alimentarse opcionalmente con energía solar.



Figura 9

El transforrectificador deberá poder trabajar en modo manual y automático

Constará básicamente de transformador, puente de rectificación, bobina y condensador y descargadores de sobretensión.

Dispondrá asimismo de protecciones contra sobreintensidades y medidores de potencial, intensidad y tensión de salida.

Opcionalmente irá provisto de convertidores V/I 0-10V / 4-20 mA para enviar alguno de los parámetros a un centro de datos.

La tensión nominal de salida en continua recomendada es de 50 Voltios. Ver Figura 9.

Lecho anódico

Estará constituido por un conjunto de ánodos rodeados de backfill (material conductor de baja resistividad) e interconectados con cable.

Ánodos

Existen distintos materiales que pueden utilizarse como ánodo en un sistema de corriente impresa: grafito, ferro-silicio, magnetita, titanio activado, etc.

El material más utilizado en la actualidad es el titanio activado con mezcla de óxidos de metales nobles (MMO), debido a su gran capacidad de corriente y bajo consumo.

La densidad de corriente anódica en contacto con coque de petróleo calcinado es de 100 A/m² y el consumo del orden de 5 mg / A x año.

Backfill

El backfill deberá ser del tipo coque de petróleo calcinado o similar con una riqueza en carbono no inferior al 98% y una granulometría entre 1 y 4 mm.

Deberá desestimarse el coque metalúrgico por sus bajas prestaciones.

Electrodo de referencia permanente

Utilizado para la medición del potencial de la estructura a proteger. Se instalará enterrado junto a la tubería y se conectará al rectificador para su funcionamiento en modo automático.

Existe el electrodo provisto de probeta de acero para obtener los potenciales libres de caídas IxR.

Materiales comunes a ambos sistemas

Puntos de control (Tomas de potencial)

Permiten medir el potencial de polarización de la tubería y comprobar la efectividad del sistema de protección catódica.

Un punto de control estará constituido por una conexión de cable a tubería, un electrodo de referencia permanente del tipo probeta y una caja de conexionado.

Junta aislante

Su instalación tiene como objeto aislar eléctricamente la tubería de otra estructura metálica, preferentemente instalaciones tipo Estación de Bombeo u otras tuberías metálicas.

Hay dos tipos de junta aislante:

Tipo embridado.- a instalar entre dos bridas metálicas.

Constituida por una junta central construida en celotex o similar, casquillos de PVC (uno por tornillo) y arandelas de celotex (2 por tornillo). Ver Figura 10.

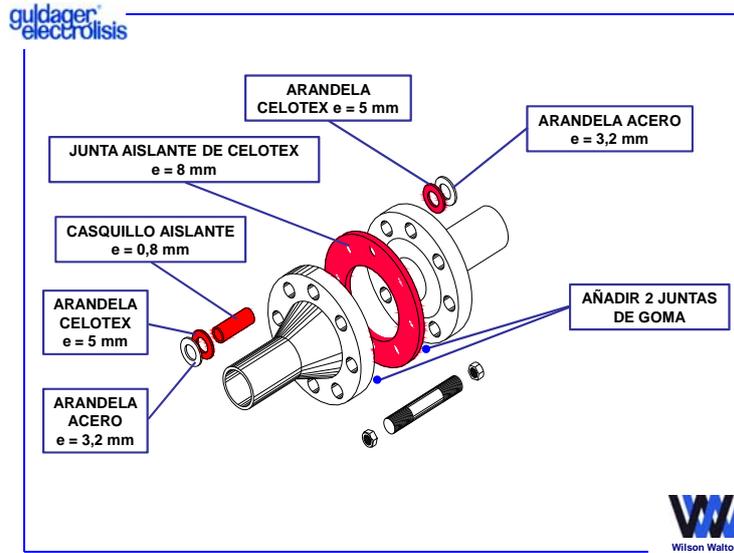


Figura 10

Tipo monobloc.- a instalar intercalada en la tubería, soldada a tope por ambos extremos. Ver Figura 11

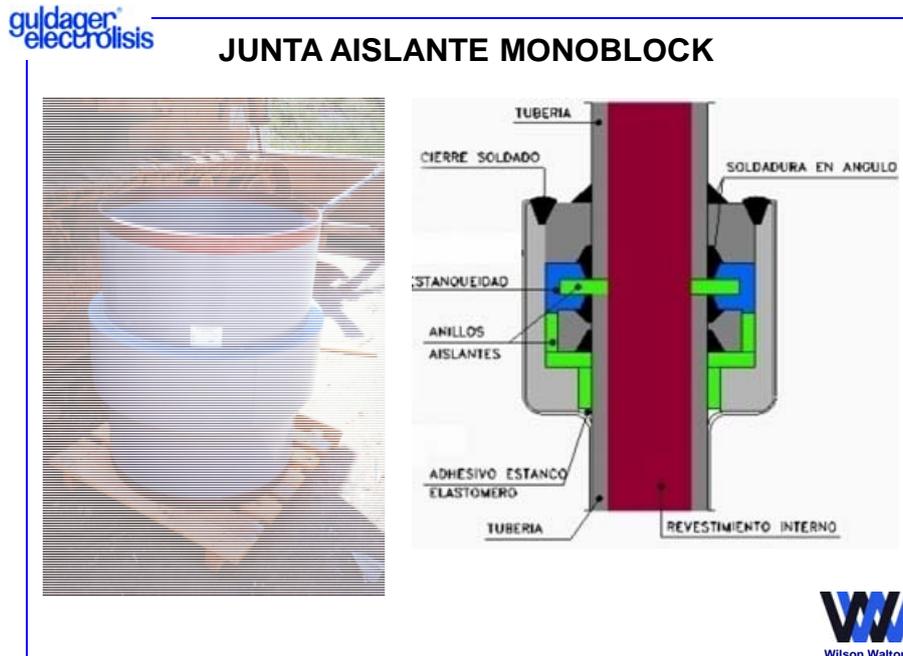


Figura 11

La junta tipo monobloc presenta unas mejores características técnicas y mayor seguridad de instalación y garantía de funcionamiento.

Todas las juntas aislantes irán provistas de un descargador de sobretensión del tipo vía de chispas para su protección contra elevadas descargas eléctricas normalmente de origen atmosférico.

Condiciones de instalación de los materiales

Ánodos de Magnesio

Se utilizarán en terrenos con valores de resistividad medio – bajos para garantizar una vida prolongada.

Habitualmente, los ánodos se instalarán en grupos distribuidos a lo largo de la tubería. Se montarán equidistantes en el interior de zanjas construidas a escasa distancia de la tubería.

Los ánodos de cada grupo se conectarán a un cable general que a su vez se conectará a la tubería mediante una caja de conexionado intermedia.

Transforrectificador

Preferentemente se instalará en el interior de edificio existente o caseta a construir para tal efecto.

En el caso de edificio se instalará en la sala de baja tensión y se alimentará a tensión alterna con acometida independiente a partir del cuadro general. Se instalará un interruptor magnetotérmico debidamente identificado.

En el caso de instalarse a la intemperie, el equipo irá alojado en armario de poliéster con un grado de protección mínimo IP-55.

Lecho Anódico

El lecho anódico deberá instalarse a una distancia mínima de la tubería a proteger de unos 40 metros aproximadamente y una distancia similar de otras estructuras ajenas.

La observancia de estas distancias garantizará una correcta distribución de la corriente a lo largo de la tubería y evitará influencias perjudiciales a otras estructuras.

Por su forma de instalación se distinguen dos tipos:

En superficie

Los ánodos pueden instalarse independientes, equidistantes, en posición horizontal o vertical y conectados a un cable general. En este caso los ánodos irán montados en el interior de saco o envolvente metálica relleno de coque de petróleo, o bien

En el interior de una zanja sobre un lecho continuo de coque de petróleo. Los ánodos se distribuirán equidistantemente y se conectarán a un cable general.

En profundidad o pozo profundo

Cuando no se pueden respetar las distancias indicadas, el lecho anódico se instalará en el interior de un pozo que podrá construirse a una mayor proximidad de la tubería.

En el pozo se distinguen dos zonas: la longitud superior o inactiva, de 30 metros mínimo que permitirá respetar la distancia respecto de la tubería y la longitud activa, a partir de la cota -30, en la que se instalará el lecho anódico (ánodos y backfill).

Puntos de control o Tomas de Potencial

Se instalarán preferentemente en el interior de las arquetas provistas de ventosa, distribuidas a lo largo de la tubería.

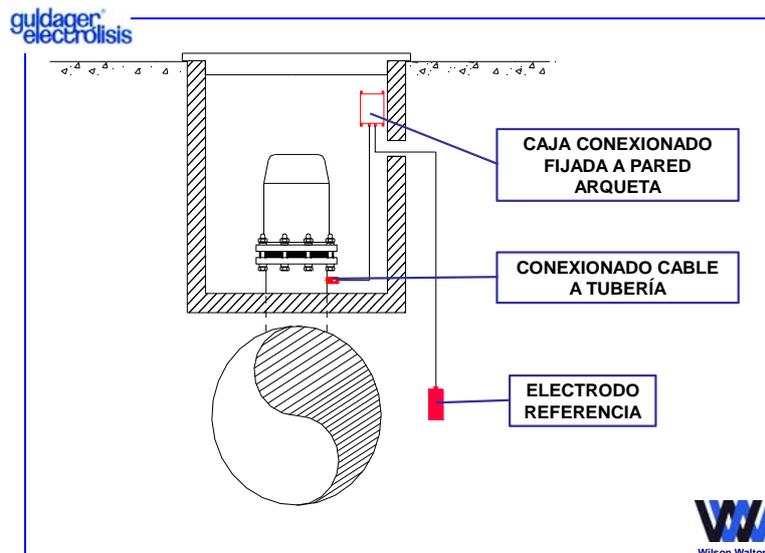


Figura 12

De acuerdo con la norma, se instalarán a distancias no superiores a los 3 kms.

El electrodo se enterrará junto a la tubería en zona no hormigonada, a una distancia del diámetro de unos 20 cms. El cable se introducirá en el interior de la arqueta y se conectará en el interior de la caja de conexión a un cable procedente de la tubería. Ver Figura 12

Juntas Aislantes

Se instalarán en el interior de arqueta o aéreas.

Cada junta irá provista de la correspondiente vía de chispas, electrodo de referencia, cables conectados a ambos lados de la junta y caja de conexión.

En el caso de junta aislante del tipo embridado, tras la instalación se comprobará el correcto aislamiento de cada uno de los tornillos. La instalación no quedará finalizada hasta no haber conseguido el aislamiento de la totalidad de tornillos. Estas mediciones serán realizadas por el constructor de la tubería..

En este tipo de junta deberá reforzarse el revestimiento del interior de la tubería en un tramo de longitud a definir, para dificultar el posible puenteo de la corriente a través del agua.

En el caso de tubería de impulsión, la junta se instalará lo más próxima posible a la estación con el fin de minimizar el tramo de tubería enterrada sin protección catódica.

Cualquier elemento electromecánico que pueda haber en la tubería a la salida de la estación como: caudalímetro, válvula motorizada, etc. que disponga de una conexión eléctrica y por lo tanto esté conectado al sistema de puesta a tierra de la estación, quedará situado entre la estación y la junta aislante, para evitar que ésta quede puenteada.

Influencia externas

Una tubería enterrada puede estar sometida a diferentes tipos de influencias eléctricas externas que pueden dar lugar a importantes riesgos de corrosión o de otra índole, a pesar de la existencia del sistema de protección catódica.

El Estudio de Protección Catódica a realizar deberá contemplar los posibles riesgos debidos a estas influencias y diseñar los correspondientes sistemas para conseguir su mitigación o eliminación.

Se distinguen dos grupos de influencias por la característica de la corriente eléctrica:

Influencias por corriente alterna

Los principales agentes externos son las líneas eléctricas de alta tensión y el AVE.

Las influencias pueden generar elevadas tensiones sobre la tubería que ponen en riesgo la integridad de la tubería o incluso de las personas.

Tensiones por conducción

Debidas a una eventual descarga de corriente por el sistema de puesta a tierra de las torres eléctricas. El gradiente generado en el terreno puede perjudicar el revestimiento de la tubería si la distancia tubería-torre no es la adecuada.

Tensiones por inducción

Pueden aparecer debido a la existencia de prolongados tramos de paralelismo entre tubería y línea eléctrica. Pueden dar lugar a problemas de corrosión muy localizados y sobretensiones peligrosas para el personal.

La evaluación del riesgo y las posibles sistemas de mitigación y control debido a este tipo de influencias, viene regulado por la norma UNE – CEN / TS 15280 IN.

Influencias por corriente continua (Corrientes vagabundas)

Este tipo de influencia también se denomina comúnmente como “Corriente vagabunda” y se podría definir como aquella corriente perteneciente a un determinado circuito eléctrico que interfiere en una estructura metálica ajena, creándole una modificación de su potencial electroquímico, pudiendo dar lugar a un grave proceso de corrosión.

El ferrocarril convencional es el principal foco de influencias por corriente continua.

El circuito eléctrico que se establece en el ferrocarril consiste en un generador de corriente continua cuyo polo positivo está conectado a la catenaria y el polo negativo a la vía. (Sub-estación). A lo largo de una línea férrea existen sub-estaciones cada determinado intervalo de kilómetros.

La circulación de la corriente en dicho circuito es: polo positivo generador – catenaria – ferrocarril – vía – polo negativo generador.

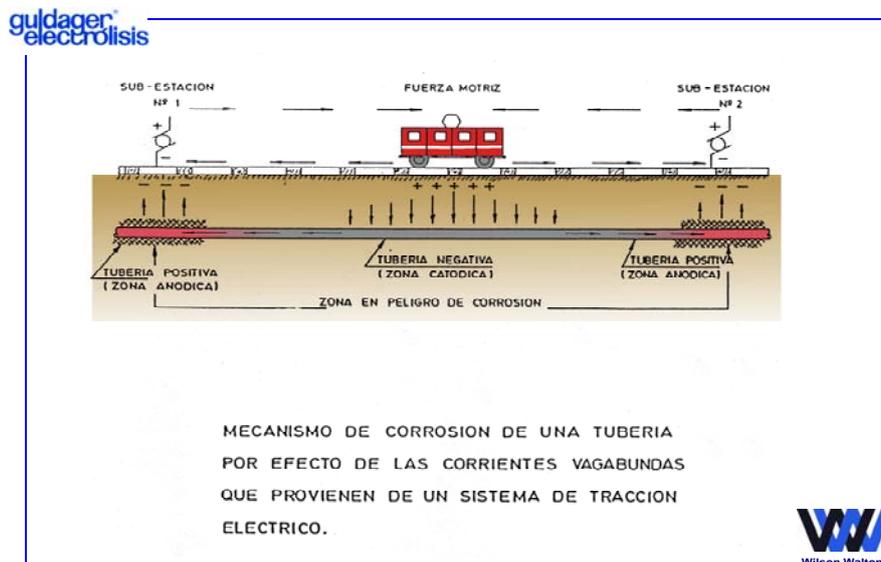


Figura 13

Una tubería metálica enterrada en las proximidades de una línea férrea puede captar corriente del tren que puede derivarse a tierra debido a que el aislamiento de la vía respecto al terreno no es infinito. La conducción de la corriente a lo largo de la tubería vendrá facilitada por la baja resistencia que le ofrece la gran sección metálica de la misma.

La entrada de esa corriente dará lugar a un aumento de polarización negativa de la tubería que en condiciones normales no le producirá ningún efecto perjudicial.

Sin embargo, el punto en el que la corriente abandona la tubería para retornar a la vía o directamente al negativo de la subestación, a través del terreno, aparecerán reacciones de oxidación y por lo tanto corrosión.

El proceso de corrosión será directamente proporcional a la corriente de salida. El efecto puede ser muy grave si la salida de corriente se localiza en una superficie de metal muy pequeña como puede ser un defecto del revestimiento.

Otras fuentes importantes de corrientes vagabundas son los propios equipos de protección catódica.

En el caso de proximidad de tuberías con sistemas independientes de protección catódica pueden existir influencias de la corriente de un equipo sobre la tubería ajena.

Habitualmente en los puntos de cruce, en los que hay la máxima proximidad, es donde hay mayor riesgo de un posible trasiego de corriente de una tubería a la otra para retornar a sus correspondientes circuitos, dando lugar a fenómenos localizados de corrosión.

Este fenómeno también se produce si sólo una tubería metálica está provista de protección catódica.

Estas influencias difícilmente pueden tener lugar si el sistema de protección catódica es por ánodos de sacrificio.

La evaluación del riesgo debido a este tipo de influencias y la determinación de posibles sistemas de mitigación y control vienen reguladas por la norma UNE EN 50162.

Mitigación de las influencias

En el caso de las influencias por corriente alterna deberán instalarse apantallamientos entre torres eléctricas y tubería conectados mediante descargadores de sobretensión para evitar elevados gradientes sobre la tubería o bien sistemas de puesta a tierra para descargas a tierra de elevadas tensiones inducidas.

En el caso de las corrientes vagabundas deberán diseñarse sistemas de retorno de corriente ya sean unidireccionales instalando diodos o mediante drenajes forzados funcionando de modo automático a partir de la señal de un electrodo.

Cuando existe la probabilidad de influencias por la presencia de dichas instalaciones deberá incrementarse el control de la tubería instalando electrodos de referencia probeta del tipo apropiado para cada tipo de influencia.

Revisión del revestimiento

Una vez finalizado el montaje del sistema de protección catódica y transcurridos unos 6 meses desde el tapado de la tubería, es recomendable realizar una revisión del revestimiento para detectar los defectos de mayor importancia y proceder a su reparación.

Existen dos sistemas de Detección de Defectos del revestimiento.

Ambos sistemas utilizan el rectificador y el lecho anódico del sistema de protección catódica para su funcionamiento.

Estos sistemas son:

Sistema DCVG (Direct Current Voltage Gradient)

Se emite una señal de corriente continua intercalando un interruptor programado (1/3 ON 2/3 OFF).

Esta corriente da lugar a un gradiente alrededor de aquellas zonas de la tubería donde el revestimiento está deteriorado y la corriente cierra el circuito.

Un operador provisto de dos electrodos y un voltímetro recorre a pie la tubería localizando la existencia de estos gradientes.

La amplitud del gradiente tendrá relación con la superficie del defecto. Ver Figura 14.

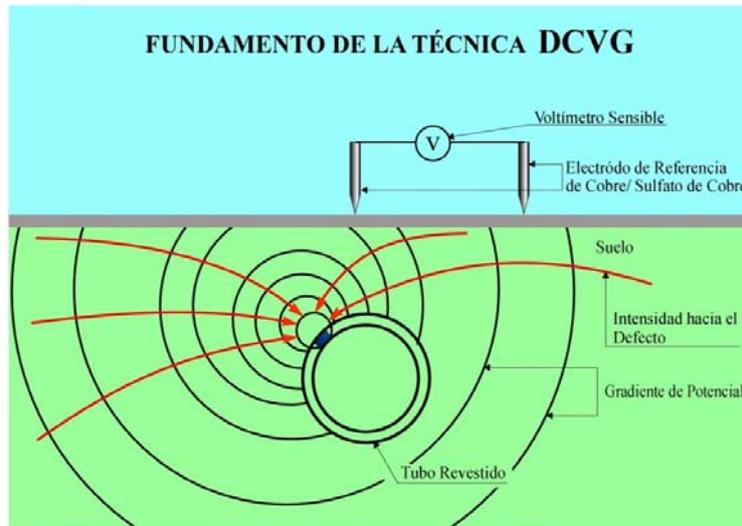


Figura 14

Sistema ACVG (Alternating Current Voltage Gradient) mediante PCM (Pipeline Current Mapper)

En este caso se inyecta una señal de corriente alterna de muy baja frecuencia, la cual fluye por la tubería y pasa al suelo a través de los defectos del revestimiento.

La corriente es emitida por un “transmisor” conectado a la tubería, la cual es captada por un “receptor”, manejado por un operario que va siguiendo el trazado desde la superficie, quién en la presencia de defectos, toma la señal percibida y la transforma en pérdidas de corriente.

Dónde la tubería se ponga en contacto con el suelo existirá una dispersión de la corriente inyectada, la cual retornará a su punto de partida, lo que como consecuencia se verá reflejado en una discontinuidad en los valores de corriente medida.

Cuanto mayor sea la corriente que se esté dispersando por el suelo más importante será el defecto de revestimiento.

Puesta en marcha del sistema de Protección Catódica

Criterio de protección

La puesta en marcha del sistema tendrá como objetivo alcanzar el criterio de protección en todos los puntos de control instalados en la tubería.

De acuerdo con la norma UNE EN 12954, el criterio de protección se fija en la obtención de un potencial igual o más electronegativo a -850 mV medido respecto a un electrodo de referencia de Cu/SO₄Cu. Este valor estará libre de caídas IxR.

Caídas IxR

Se denomina “caídas IxR” aquellos valores de tensión que se suman al potencial real de la tubería, debidos a la existencia de gradientes en el terreno provocados por la propia corriente del sistema de protección catódica y otras posibles corrientes debidas a la existencia de corrientes vagabundas del ferrocarril u otros sistemas de protección catódica de terceros.

En el momento de la medición, el valor obtenido en el voltímetro será pues la suma del valor real más uno o más sumandos debidos a dichas tensiones o “caídas IxR”. El valor leído, pues, será falso.

$$V \text{ leído} = V \text{ real} + \sum IxR$$

Ej: $-0,97V = -0,69V + (-0,28V)$

A pesar de leer un valor de -0.97 (inferior al valor del criterio de protección -0,85V) el valor real es de -0,69V por lo que no se alcanza el nivel de protección.

Sistemas de medición

Para obtener los potenciales libres de caídas IxR se utilizarán las recomendaciones que se recogen en la norma UNE EN 13509 “Técnicas de medida en protección catódica” que se pueden resumir en dos sistemas de medición principales:

Desconexión de rectificador / es

Este sistema sólo es factible si existe la certeza de que las únicas caídas IxR posibles son las debidas a la corriente del sistema de protección catódica propio.

Para realizar este sistema de medición se instalará un interruptor en el circuito de continua, programado con un tiempo OFF de 1 segundo como máximo.

El potencial libre de caídas IxR en el punto de medida se obtendrá en este período OFF del rectificador.

En el caso de que el sistema de protección catódica disponga de más de un transformador, los interruptores de los equipos deberán estar, además, sincronizados entre sí, vía satélite.

Utilización de electrodos de referencia probeta

Este sistema de medición es válido para cualquier situación incluida la anterior.

El punto de medida deberá ir provisto de un electrodo de referencia con una probeta de acero de superficie conocida la cual se conecta a la tubería en el interior de la caja de conexionado. Ver figura 12.

La probeta se asocia a un fallo del revestimiento de la tubería de esa misma superficie.

La medición del valor real se obtendrá al desconectar la probeta de acero de la tubería. En ese momento la probeta mantiene la polarización de la protección catódica y está libre de las influencias de los campos eléctricos existentes en el terreno.

Procedimientos de puesta en marcha

Se distinguen las siguientes fases:

1ª Fase.- Antes de conectar el sistema.

Se llevarán a cabo las siguientes operaciones:

- Comprobación del correcto conexionado de todos los cables

- Medición de potenciales naturales en todos los puntos de medida
- Detección de existencia de influencias externas. Colocación de registradores Data Logger
- Comprobación del aislamiento de las juntas aislantes
- Comprobación del aislamiento de las vías de chispas

2ª Fase.- Energización del sistema.

Se realizarán las siguientes operaciones:

- Regulación paulatina del / los rectificador / es en modo manual
- Colocación de registradores Data Logger en los puntos más críticos
- Medición de potenciales ON y OFF en todos los puntos de medida
- Medición de la corriente de las probetas
- Medición de potenciales de alterna
- Medición de potenciales a ambos lados de las juntas aislantes
- Regulación definitiva del / los equipo / s en modo automático. Anotación de los parámetros de potencial de referencia, intensidad y tensión

Validación del sistema

El sistema de protección catódica quedará validado una vez se haya obtenido el valor del criterio de potencial en todos los puntos de medida.

Mantenimiento del sistema de Protección Catódica

De acuerdo con la norma UNE EN 12954, un sistema de protección catódica por corriente impresa deberá controlarse con el fin de asegurar su correcto funcionamiento y garantizar la protección de la tubería.

En dicha norma se distinguen dos tipos de control:

Control funcional.- en el que simplemente se controlará que los equipos funcionan y que los valores de los indicadores coinciden con los valores de la última puesta en marcha.

También se controlarán los potenciales en puntos críticos sometidos a influencias por corrientes vagabundas, si existen. En este caso deberán realizarse mediciones durante un tiempo prolongado utilizando registradores Data Logger.

Este tipo de control será llevado a cabo por el propietario de la instalación y se recomienda que esté integrado en la rutina de controles de mantenimiento de otros sistemas de la instalación.

La frecuencia de este control funcional deberá ser elevada con el fin de detectar lo antes posible fallos de funcionamiento del rectificador, falta de aislamiento de juntas aislantes o influencias intensas sobre la tubería que impliquen riesgos de corrosión graves sobre la tubería

El control del funcionamiento de los rectificadores y de sus valores de regulación puede ser realizado a base de enviar las señales adecuadas a un centro de control de la instalación, fijando los niveles de alarma.

Control exhaustivo.- además de analizar los valores obtenidos en los controles funcionales se controlará el estado de todos los elementos del sistema y los niveles de polarización de la estructura.

Así pues se realizarán como mínimo las siguientes operaciones:

En el rectificador

- Comprobación del correcto funcionamiento en modo automático y de las alarmas y protecciones
- Verificación de la exactitud de los indicadores de tensión, intensidad y potencial y de la medida del electrodo de referencia permanente

En la tubería

- Comprobación del aislamiento de las juntas aislantes
- Comprobación del buen estado de los diferentes elementos instalados (cajas, conexiones, vía de chispas, electrodos, etc.)
- Medición de potenciales ON / OFF en todos los puntos de control
- Instalación de registros Data Logger de potencial en todos aquellos puntos en los que se detecten influencias externas. La duración de estos registros puede ser de 24 horas según el tipo de influencia detectado
- Medición de intensidad de corriente en el puenteo entre tuberías
- Etc.

Los datos obtenidos, así como las anomalías detectadas y las recomendaciones para subsanarlas se recogerán en un informe incluyendo la valoración de las actuaciones a realizar si las hubiera.

Durante el control se solucionarán todas aquellas deficiencias que sean posibles.

Este tipo de control será llevado a cabo por una empresa especialista de protección catódica. La frecuencia de este tipo de control podrá ser de una vez al año o cada dos o tres, en función de las características particulares de la instalación o riesgos o influencias a los que esté sometida.

La secuencia de este control se decidirá una vez realizada la primera revisión y analizados los valores obtenidos en los controles funcionales, pudiendo ser modificada con el transcurso del tiempo si se ve la necesidad.

Televigilancia

Cada vez con mayor frecuencia, los controles manuales del sistema de protección catódica se están sustituyendo por controles mediante sistemas de televigilancia.



Figura 15

El sistema de televigilancia consiste en la instalación de unidades emisoras en rectificadores y tomas de potencial críticas y una unidad receptora (modem + software). El envío de las señales deseadas (potenciales, corriente, etc) se realizan por SMS vía GSM, 3 veces al día. Ver figura15.

Este tipo de control mejora cualitativamente el sistema tradicional al disponer diariamente de los datos de funcionamiento de los equipos y del nivel de influencias a lo largo de la tubería.

Económicamente puede amortizarse en períodos de tiempo relativamente cortos o bien puede optarse por incluir en el contrato de control a una empresa especialista, el alquiler de los equipos de televigilancia.

Esta modalidad exige contratos mínimos de tres (3) años y tiene la ventaja para el propietario de la tubería de no precisar una inversión inicial importante.