

PROTECCION CATODICA DE CASINGS DE POZOS PETROLIFEROS



Comodoro Rivadavia, 30 de Agosto de 2004

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

TEMARIO

- 1. USOS DE LA TECNICA EN YACIMIENTOS**
- 2. ANALISIS DE LA NECESIDAD DE PROTECCION**
- 3. CRITERIOS Y TECNICAS PARA DETERMINAR CORRIENTE DE PROTECCION**
- 4. IMPLEMENTACION EN UN YACIMIENTO**
- 5. CONSECUENCIAS DE UNA INSTALACION INADECUADA**
- 6. TIPOS DE DISPERSORES**
- 7. CALCULO DE UN DISPERSOR PROFUNDO. MATERIALES**
- 8. TIPOS DE RECTIFICADORES**
- 9. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**
- 10. ANALISIS Y CONTROL DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO**
- 11. CASO ESTUDIO DE UN SISTEMA CON ENVEJECIMIENTO PREMATURO**

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

1.- USO DE LA TECNICA EN YACIMIENTOS

I

*La técnica de protección externa de casings metálicos en yacimientos de explotación de gas y petróleo, es una herramienta idónea para la **mitigación de la corrosión**, aceptada por la industria y recomendada por la NACE*

*El procedimiento esta normalizado por la NACE en la **RP0186-2001**
“Application of Cathodic Protection for External Surfaces of Steel Well Casings” (Aplicación de Protección Catódica para las superficies externas de los casings de acero)”*



NACE Standard RP0186-2001
Item No. 21081

Standard Recommended Practice

Application of Cathodic Protection for External Surfaces of Steel Well Casings

Dice la citada Norma de la NACE:

“Los pozos para extracción de gas y petróleo constituyen una importante inversión de capital”

“Es imperativo que la corrosión de los casings de los pozos sea controlada para prevenir la pérdida de gas o petróleo, daños ambientales, peligros a personas y a los efectos de lograr una utilización económica de las reservas de gas y petróleo”

Oil and gas wells represent a large capital investment. It is imperative that corrosion of well casings be controlled to prevent loss of oil and gas, environmental damage, and personnel hazards, and in order to ensure economical depletion of oil and gas reserves.

This NACE International standard recommended practice identifies procedures to determine the need for cathodic protection and the current requirements to achieve cathodic protection of well casings associated with oil and gas production and gas storage. It also outlines practices for the design and installation of cathodic protection systems and for their operation and maintenance. The purpose of this standard is to ensure more effective prevention of corrosion of well casings by making available reliable information about cathodic protection as it relates to well casings. This standard is intended for use by corrosion engineers in oil and gas production, especially those concerned with the cathodic protection of steel well casings.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

El mencionado Standard define procedimientos para determinar la necesidad de protección y el valor necesario de corriente para lograr estados de protección efectiva del casing. También describe prácticas de diseño e instalación de los sistemas de protección catódica así como su operación y mantenimiento.

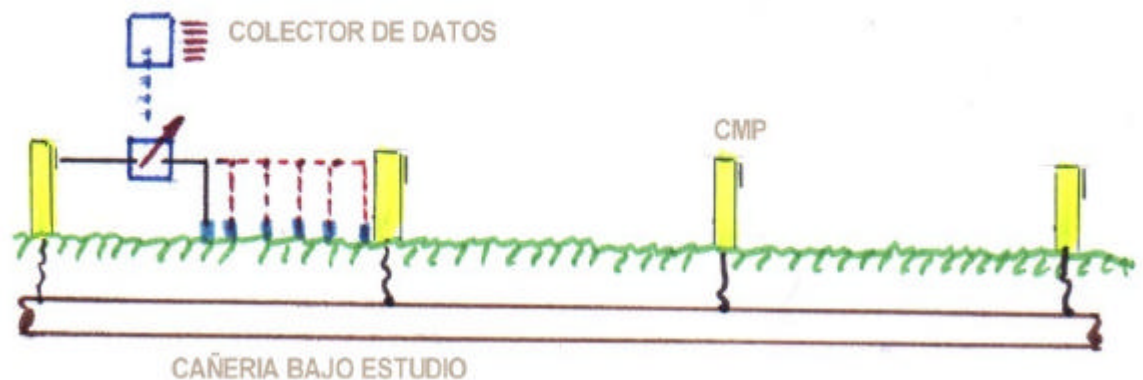
La protección catódica de un casing presenta para su diseño algunas dificultades particulares que lo diferencian de una figura geoméricamente similar en superficie (cañerías en superficie)

Existe también mayor posibilidad de atravesar zonas de resistividad muy diferenciada.

Por otra parte existen diferencias importantes en la técnica que debe utilizarse para controlar si la estructura esta efectivamente protegida.

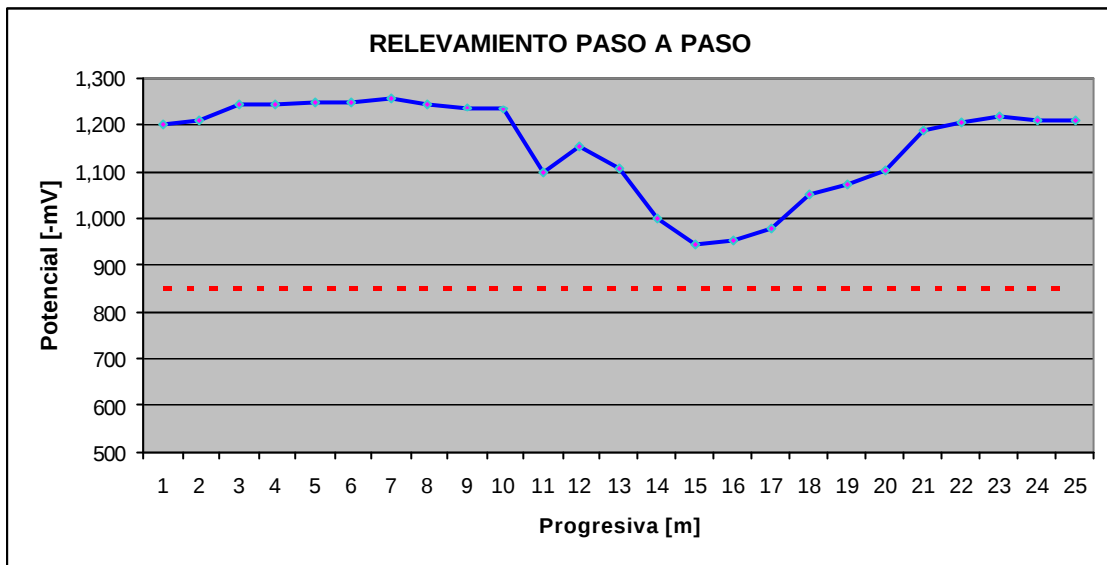
En una estructura superficial, si queremos conocer si hemos logrado mediante la aplicación de protección catódica potenciales de protección, o bien se en una estructura determinada tenemos zonas de corrosión activa, podemos por ejemplo realizar medición de potenciales sobre la traza de la misma, efectuando estudios tipo "CIS" (Close Interval Survey o Relevamiento Paso a Paso)

Con una disposición como la que se muestra en el esquema



Podemos obtener gráficos de este tipo

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



La herramienta comúnmente usada para determinar el grado de protección de un casing es el CPP que veremos en detalle mas adelante.

Esta técnica debe necesariamente ser interpretada por personal idóneo y en lo posible con un especialista de protección catódica en el camión de la empresa que efectúa el servicio, donde se hace el primer análisis de las mediciones.

Un factor de importancia en la protección de pozos múltiples es la geometría del sistema, la que debe ser adecuada para evitar efectos de apantallamiento e interferencias.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

2.- ANALISIS DE LA NECESIDAD DE PROTECCION

El análisis necesariamente pasará por consideraciones técnicas, de seguridad, ambientalistas y económicas.

En primer lugar deberá determinarse el grado de agresividad del medio y la consecuente expectativa de roturas.

El enfoque será distinto según se trate de yacimientos nuevos o existentes.

Yacimientos nuevos

Se efectuará un análisis de los datos geológicos y se investigará en base a los mismos acerca de la existencia de terrenos de resistividad o composición diferenciada que podrían llegar a conformar un mecanismo de celdas de corrosión.

Se intentará el acceso a historia de roturas en casings de yacimientos contiguos (si tienen similar geología)

Se analizará la historia de roturas en yacimientos con geología similar

Se pueden efectuar mediciones eléctricas (CPP) en yacimientos de geología similar para determinar la existencia de zonas anódicas

Se efectuarán mediciones eléctricas en los primeros pozos perforados para determinar la existencia de zonas anódicas

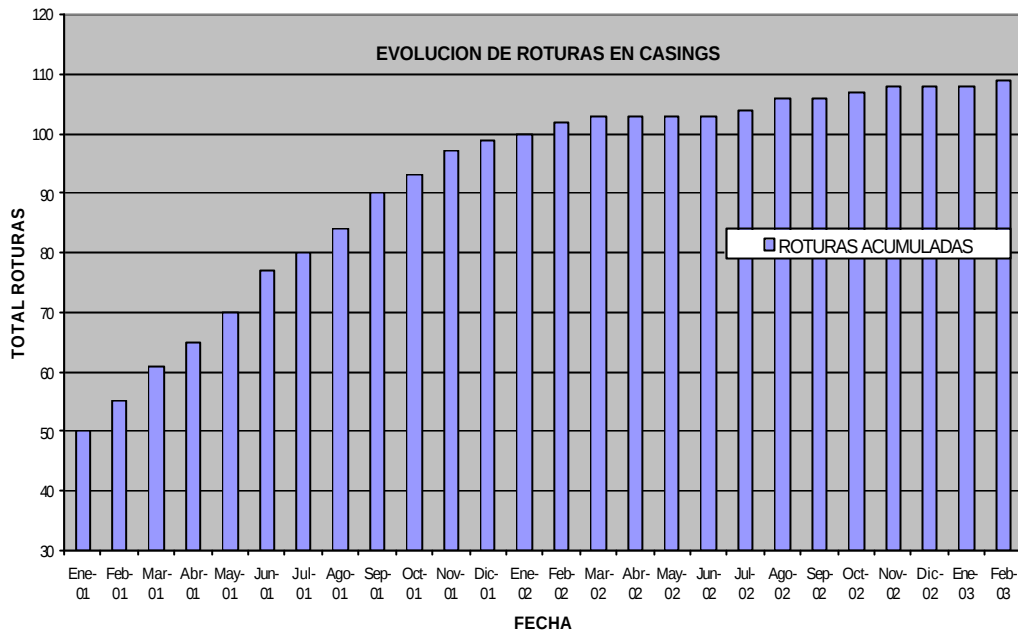
Yacimientos en operación

La información operativa más efectiva en este caso es el historial de roturas de casings

El gráfico más usual contiene la curva de roturas acumuladas en función del tiempo, que nos dará un indicio en función de su pendiente de la severidad de la cantidad de roturas.

El tipo de grafico obtenido es el que se muestra a continuación, donde la aplicación eficaz de un sistema de protección catódica de casings dará como resultado una disminución de la pendiente de la curva.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



CPP [Cathodic Protection Profile]

Este es el método más idóneo para determinar la presencia de zonas anódicas y para determinar la necesidad de corriente de protección (mas adelante se detallara la técnica de aplicación)

VERTILOG - ESTUDIOS ELECTROMAGNETICOS y MECANICOS

Estos métodos estudian el estado de la cañería indicando el deterioro y cuantificando e indicando severidad de la pérdida de material (Mantenimiento y Workover)

INSPECCION VISUAL

Inspección de cañerías que por algún motivo hayan debido ser retiradas a superficie

Análisis Económico

Una vez cuantificada la severidad de la cantidad de roturas, se efectuara un análisis económico.

Se considerará en esta ecuación económica:

- ? *Disminución de la eficiencia en la producción (sobre todo en explotaciones con recuperación secundaria)*
- ? *Perdida de producción por fuera de servicio durante reparaciones*
- ? *Costo de casing patches*

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

- ? *Consecuencias ambientales*
- ? *Exposición a juicios por daños a propiedades de terceros*
- ? *Eventual pérdida total del pozo por colapso de la tubería*

En contrapartida se contabilizarán los costos asociados a la implantación del sistema de Protección Catódica, que entre sus principales rubros de inversion comprende:

- ? *Estudios preliminares*
- ? *Tendidos eléctricos*
- ? *Aislación de cañerías de producción*
- ? *Rectificador*
- ? *Dispensor*

Y los costos asociados a su operación y mantenimiento:

- ? *Energía*
- ? *Mantenimiento*
- ? *Reposición de dispersores agotados*

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

3.- ANALISIS DE LA NECESIDAD DE CORRIENTE

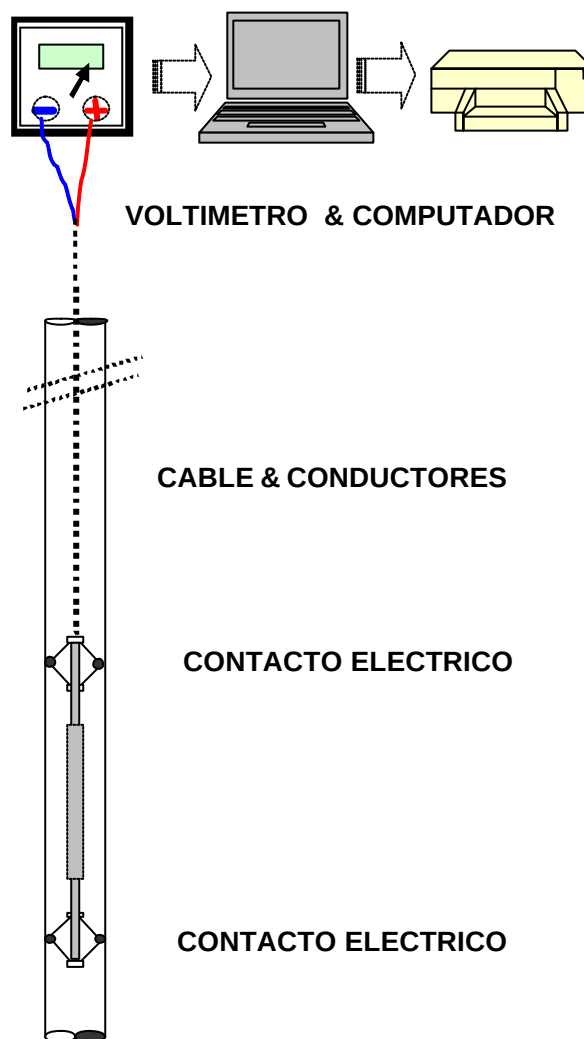
Conceptualmente, la corriente necesaria será aquella cuya magnitud permita eliminar todas las zonas anódicas de la cañería

Debido a la imposibilidad práctica de aplicar los criterios de la RP0169, se utilizan comúnmente

- ✍ CURVA DE TAFEL
- ✍ CPP

Una vez definida la corriente de protección, se pueden medir potenciales por método del electrodo remoto, o bien monitorear la corriente aplicada al casing

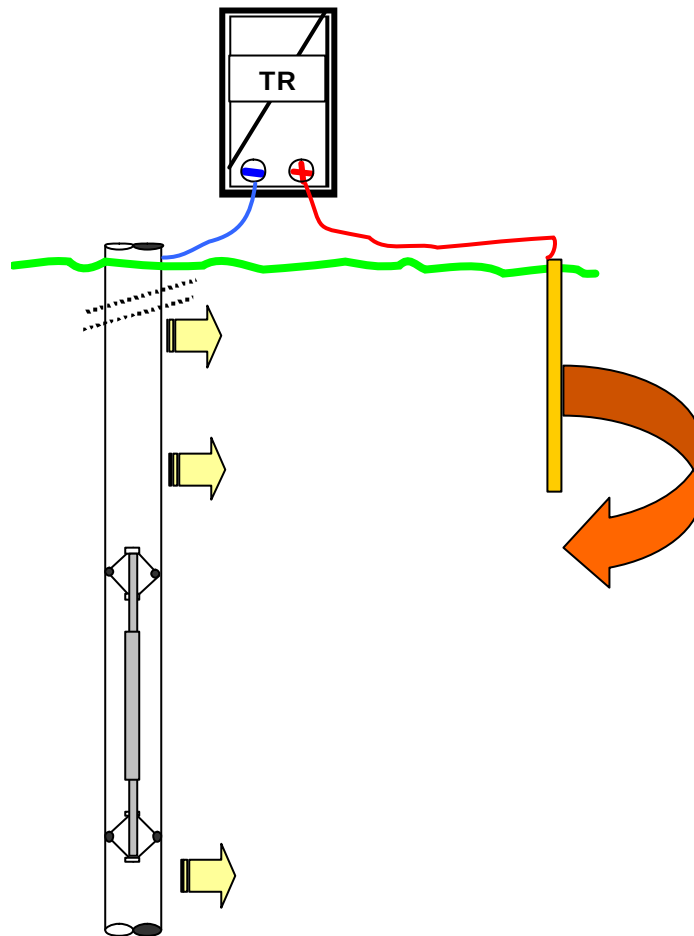
CPP (Cathodic Protection Profile)



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

El esquema anterior muestra la disposición de los distintos elementos que conforman el equipamiento específico de medición.

En el campo se seleccionara un elemento dispersor temporario de corriente (generalmente un casing cercano) y se aplicara al mismo de una tension proveniente de una fuente de CC con el terminal negativo conectado a la estructura bajo analisis.



Sin aplicación de voltaje externo, el casing en su estado natural, tendrá zonas de ingreso y egreso de corriente, dependiendo de que se traten de zonas catódicas o anódicas respectivamente.

El objetivo de la técnica es determinar con que cantidad de corriente de protección se logran anular todas las corrientes salientes desde la estructura al electrolito que conforma el medio circundante.

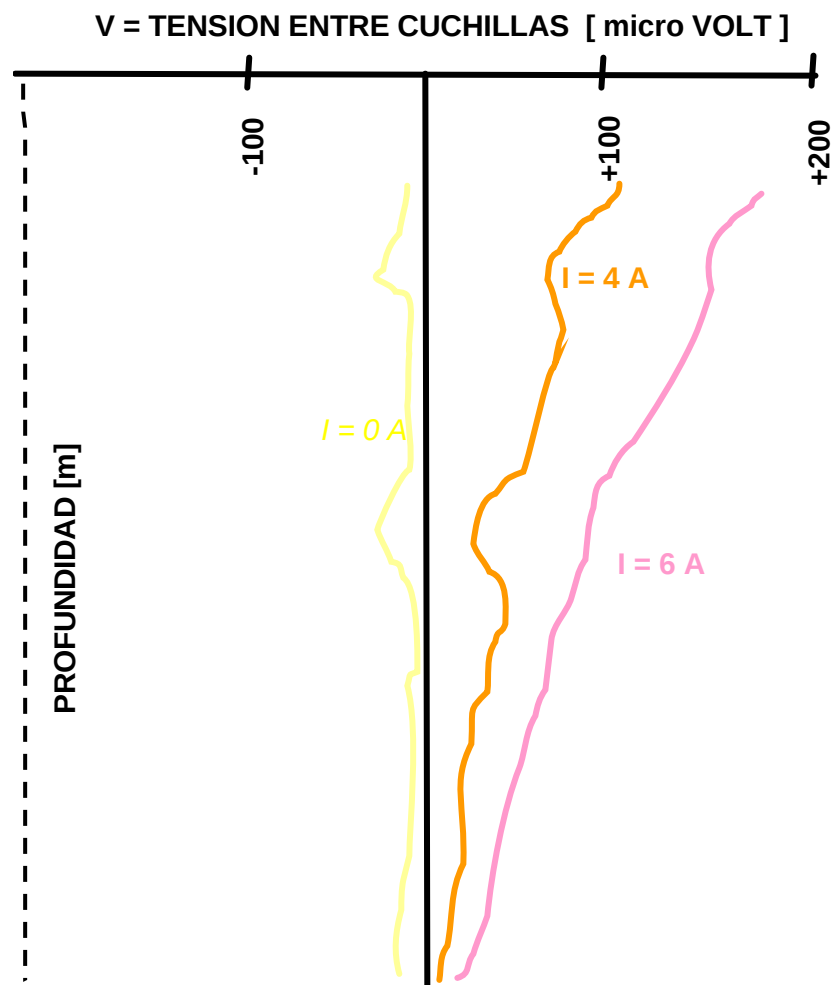
El principio de medición se basa en el hecho de que las cuchillas que se apoyan en el interior del casing (en dos conjuntos, el superior y el inferior) son los bornes de un micro voltímetro. Este instrumento, en cada estación sucesiva medirá una diferencia de voltaje que dependerá del producto de la

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

corriente que circula en el tramo multiplicada por la resistencia longitudinal del tramo medido.

Debido a que la corriente que ingresa al casing en el desarrollo de su superficie retorna por el borne negativo (boca de pozo), a medida que la herramienta se posiciona en puntos sucesivamente mas superficiales, en cada punto la corriente será igual a la anterior mas la que ha ingresado en el tramo comprendido por las dos estaciones sucesivas. En caso de que hubiese egreso de corriente y asumiendo resistencia longitudinal constante, el voltaje medido será cada vez mayor durante todo el recorrido de la herramienta de medición, dando una curva con pendiente hacia los valores positivos de tensión.

En realidad, cuando el valor de corriente de protección es insuficiente, habrá egresos de corriente que haran que la pendiente tenga sentido opuesto. Recien cuando se hayan eliminado todas estas pendientes, se podra aseverar que se ha llegado al valor de corriente de proteccion.



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Pa este estudio, el casing debe estar libre de otras cañerías internas y el casing debe estar lo mas limpio posible.

En cada una de las dos zonas de contacto, la herramienta tiene cuatro ruedas afiladas, eléctricamente vinculadas entre si. Los dos grupos de contactos están separados entre si entre 4 y 8 metros.

El voltímetro mide la diferencia de potencial entre los dos grupos de contacto en cada estación se registra

$$V = I \cdot R$$

Donde:

R = resistencia de la cañería en el sector medido

I = corriente que circula en el tramo medido

Un programa corrige las diferencias de resistencia por distintos espesores de cañería y por temperatura, para compatibilizar los resultados

CPET

Es un estudio efectuado por una empresa de servicios que es una variante que presenta innovaciones respecto del CPP

Tiene 4 juegos de 3 electrodos cada uno separados 60cm, desplazados 120° entre si, con movimientos hidráulicos.

Esta herramienta pueden trabajar en presencia de fluido.

Las lecturas de tensión se efectúan axialmente y radialmente para determinar que parte de la cañería experimenta perdida de material.

La velocidad del estudio es de 300 m por hora con una resolución vertical de 0,60m

El método indica la densidad de corriente, la velocidad de corrosión y la tensión entre los electrodos

TAFEL [E-Log I test]

Este estudio consiste en la aplicación de niveles crecientes de corriente al casing eléctricamente aislado de un pozo

En cada etapa de inyección se medirá el potencial de polarización (instant OFF)

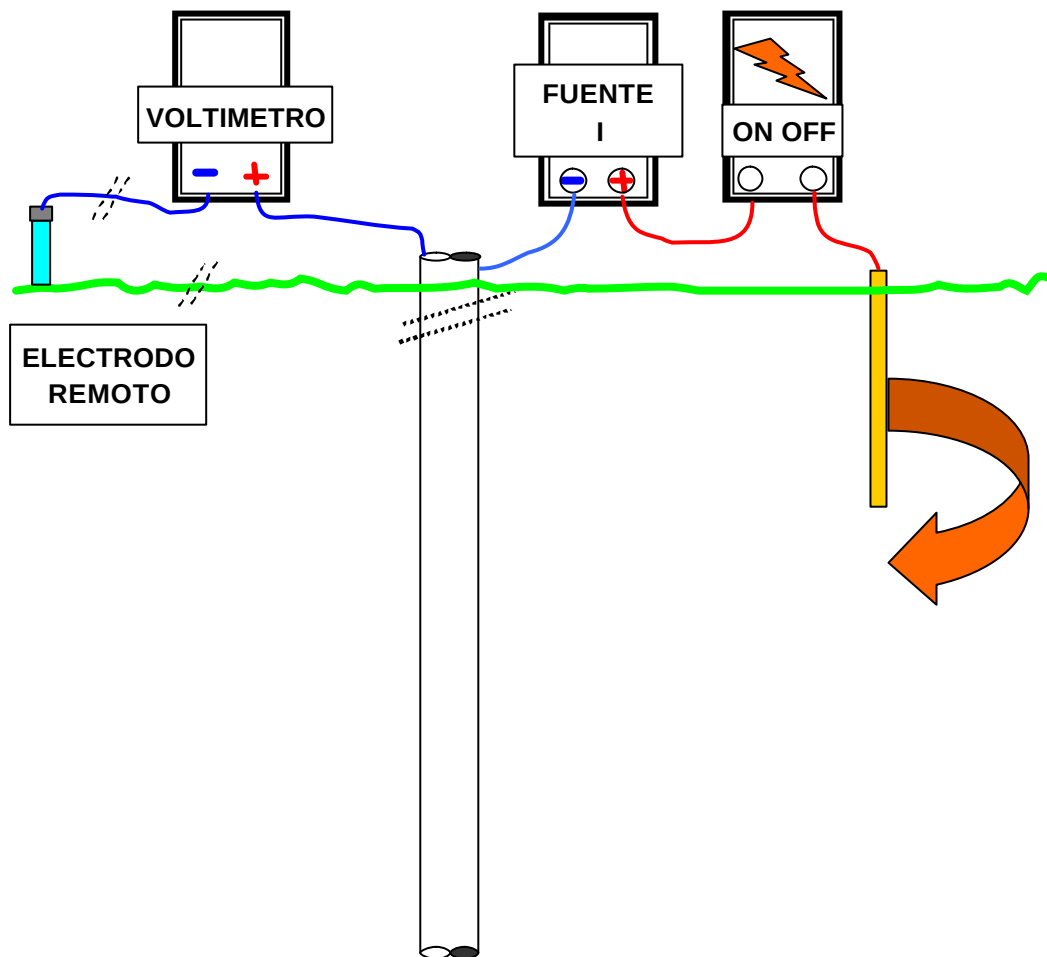
PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Se efectuara un grafico semi logarítmico con

eje y (lineal) Pot OFF
eje x (logarítmico) i

Una vez graficado el resultado, el punto de intersección de rectas asociadas a las dos pendientes del grafico determinaran el nivel necesario de corriente

Esta técnica se basa en la relación entre el potencial de polarización de la estructura y la densidad de corriente aplicada a la misma



El comportamiento del segmento de Tafel se da en forma aproximada por la fórmula

$$\eta = \eta_0 \log [I / I_0]$$

Donde η = variación en el potencial
 I_0 = constante

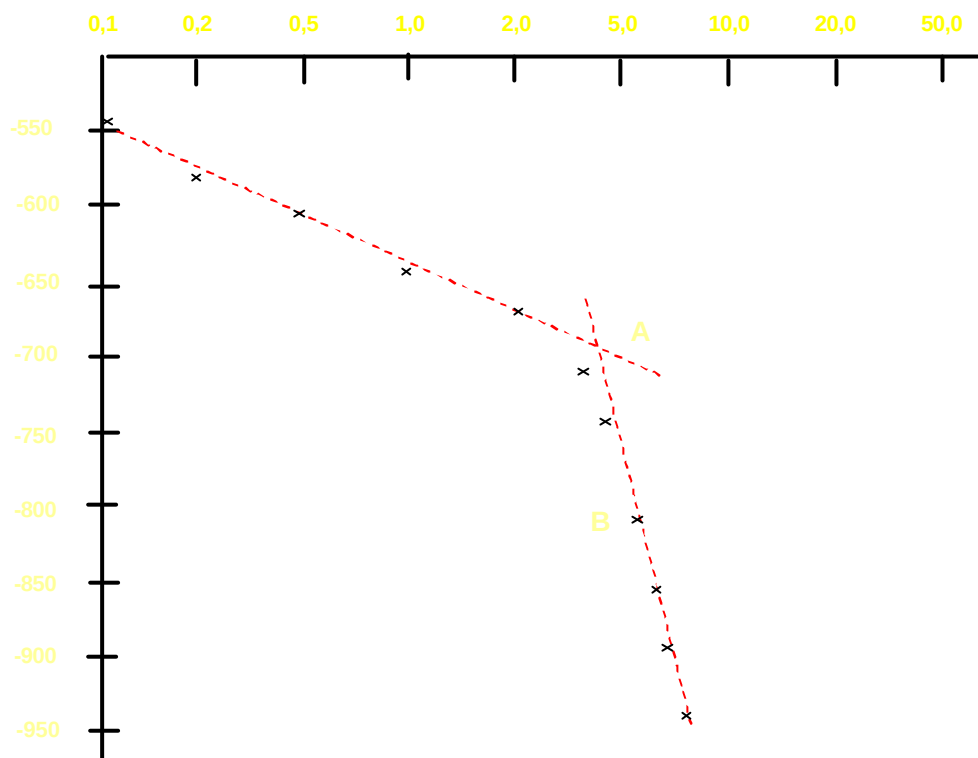
PROTECCION CATODICA DE CASINGS

θ = pendiente de Tafel

En el gráfico se muestra la curva

$$E = \log I$$

La Corriente de Protección será
"A" o "B"

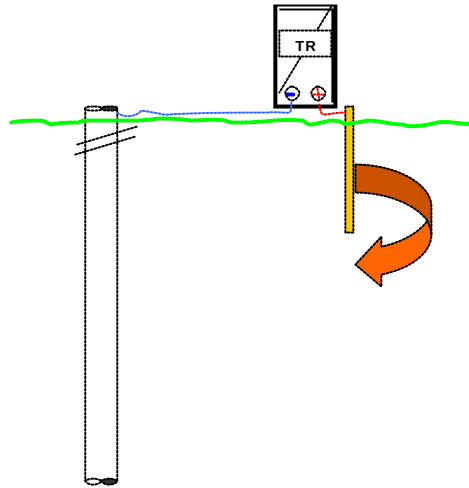


PROTECCION CATODICA DE CASINGS

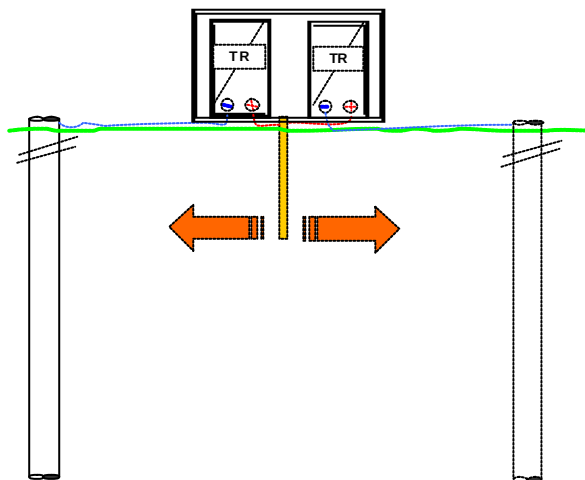
4.- IMPLEMENTACION EN UN YACIMIENTO

Los sistemas aplicados a la protección de casings son casi exclusivamente sistemas por corriente impresa

Pueden ser **Sistemas Individuales**



O bien **Sistemas Múltiples** (rectificadores con varias salidas que alimentan a desde 2 a 6 casings)



PROTECCION CATODICA DE CASINGS



Algunos casos excepcionales tienen mayor cantidad de salidas. En la foto se observa un equipo automático de 11 salidas operando frente al Estrecho de Magallanes, en Planta Faro Vírgenes.

Diagrama de Mallas

Una de las tareas mas importantes del diseñador es la diagramación de las mallas, donde se ubicará el dispersor y los pozos a proteger

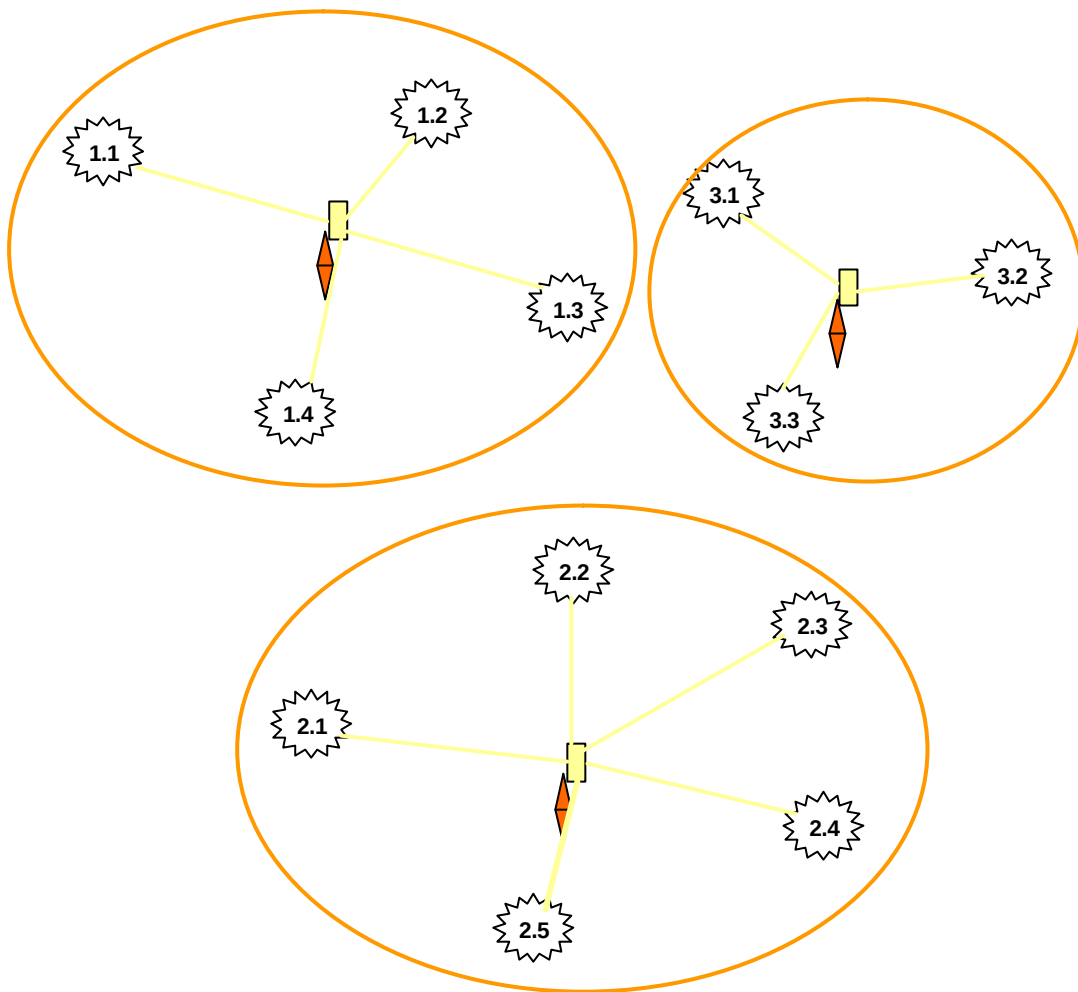
Se prestará especial atención en evitar fenómenos de interferencia o apantallamiento.

La geometría de la malla será tal que los pozos estarán en lo posible equidistantes y rodeando al dispersor

Este criterio deberá mantenerse cuando se perforen nuevos pozos, cambiando la configuración de las mallas existentes.

El esquema ilustra a modo de ejemplo una disposición típica.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



Componentes del Sistema

Dispersores (Se desarrolla el tema en Capítulo aparte)

Rectificadores (Se desarrolla el tema en Capítulo aparte)

Tendidos eléctricos

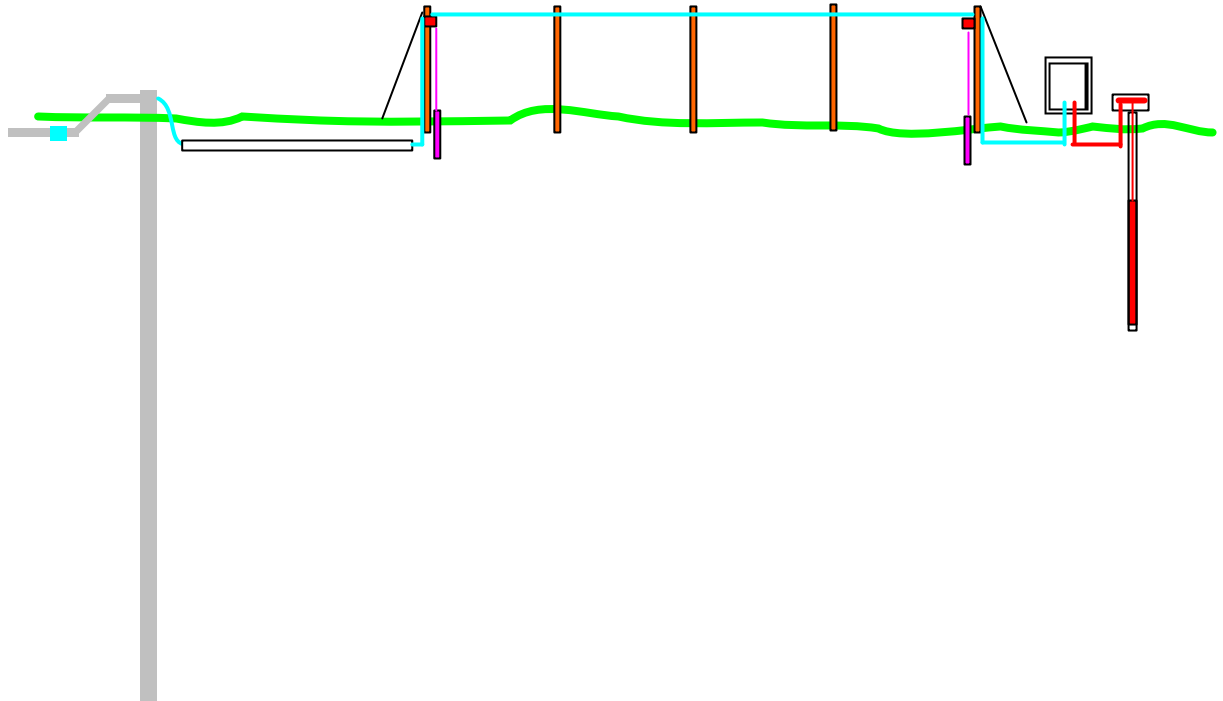
Los tendidos de los cables anódicos y catódicos pueden ser aéreos, subterráneos o combinación de ambos, dependiendo de factores zonales, criterios del usuario y normas particulares de cada empresa

Dentro de la locación del pozo, el conductor catódico tiene una protección mecánica.

Si el tendido es aéreo, generalmente el conductor es Al de 50 mm²

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

En los inicios y finales de cada línea aérea, se instalan descargadores vinculados a una PAT al pie del poste



En muchas oportunidades, el rectificador esta junto a la locación del pozo productor, debido a la disponibilidad de CA

En los casos en que el conductor es subterráneo, se instala un conductor, generalmente TW 1x25 mm²

Los conductores soterrados son propensos a daños por maquinarias de mantenimiento de caminos o por erosión hídrica

Los conductores aéreos exponen al sistema a las consecuencias de descargas atmosféricas

Aislaciones

Los conjuntos de aislación por lo general se instalan entre el pozo y la cañería de producción.

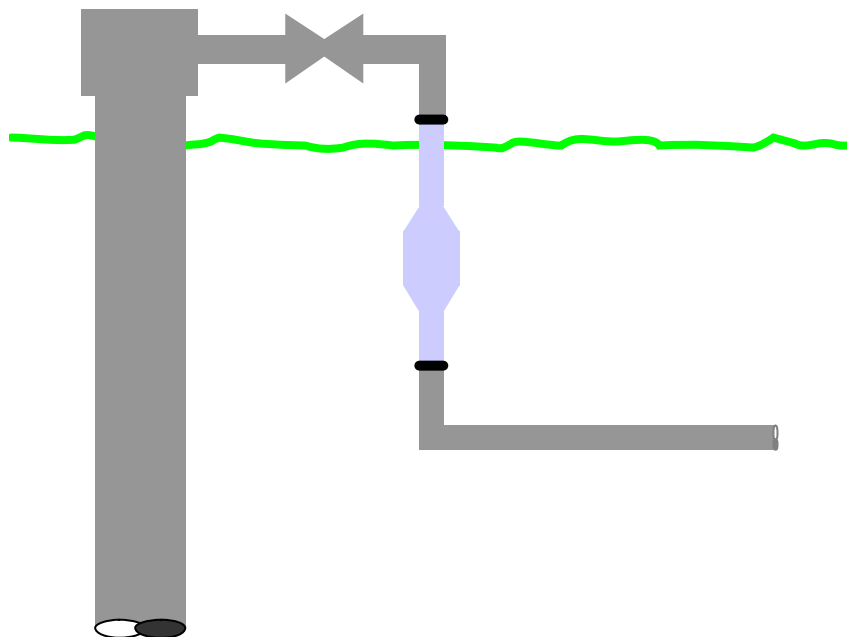
Esta separación eléctrica es recomendable aun en el caso de que no se instale un sistema de protección catódica, ya que el medio en que esta instalado el casing, su eventual cementación y el grado de oxigenación del electrolito difiere totalmente del medio que rodea a la cañería de producción, lo que genera un efecto de pila galvánica, con una generación de corriente perjudicial para el sistema.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

El tipo de aislación a instalar depende del tipo de pozo (productor o inyector)

Los conjuntos de aislación son particularmente sensibles a las solicitudes mecánicas y sufren deterioro debido al trato de las maniobras de workover. Es por eso que donde sea posible se prefieren las juntas aislantes monolíticas.

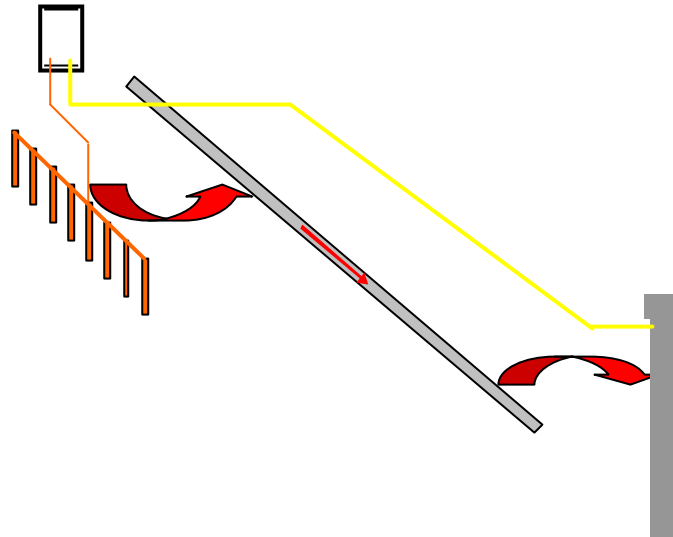
En lo posible los conjuntos de aislación se instalarán lejos de la zona de trabajo del equipo de pulling, muchas veces enterradas



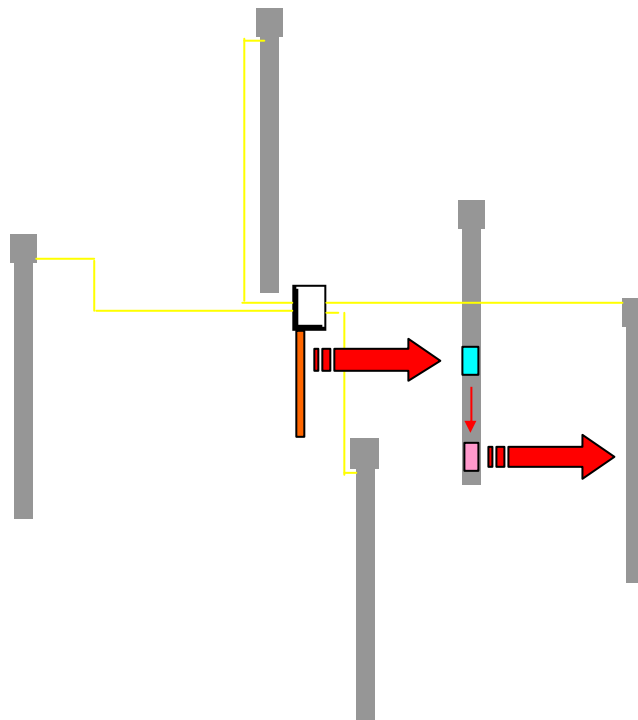
PROTECCION CATODICA DE CASINGS

5.- ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS DE UNA INSTALACIÓN INADECUADA

El uso de un dispersor superficial en un área congestionada de cañerías soterradas implica un alto riesgo de que se produzcan interferencias con elevación de potencial en la zona de ingreso y disminución en la zona de egreso, donde puede producirse un activo proceso de corrosión



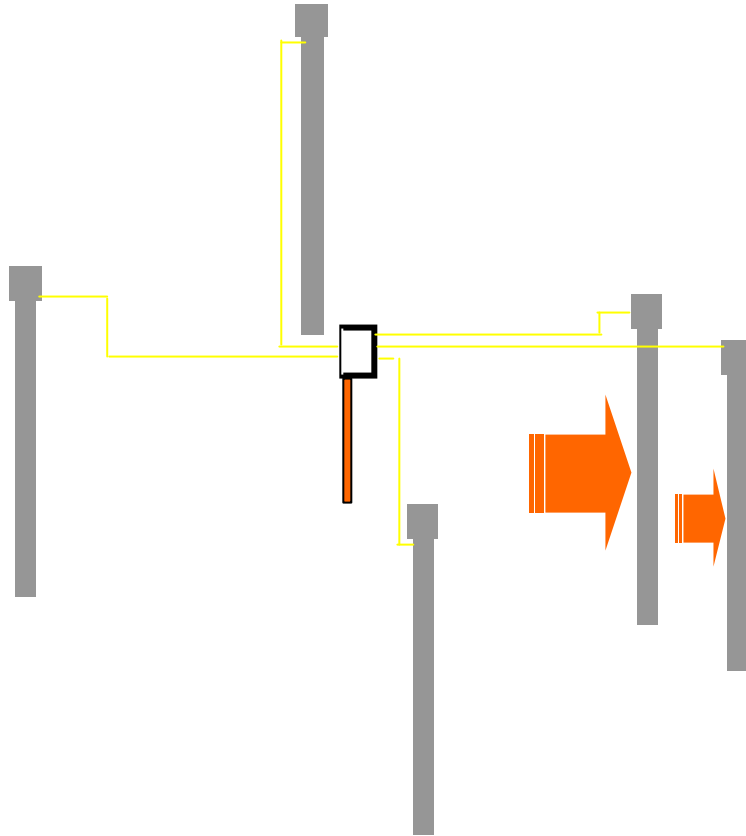
Caso frecuente de un nuevo pozo perforado dentro de la malla



El esquema ilustra el caso de un nuevo pozo perforado dentro de una malla existente, interferido por el sistema en operación.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

En este caso dos pozos de una misma malla están alineados respecto del dispersor, generándose un fenómeno de apantallamiento



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

6.- TIPO DE DISPERSORES

En este tipo de instalaciones se utilizan los siguientes tipos de dispersores

Superficiales

Horizontales (continuos o discontinuos)

Verticales

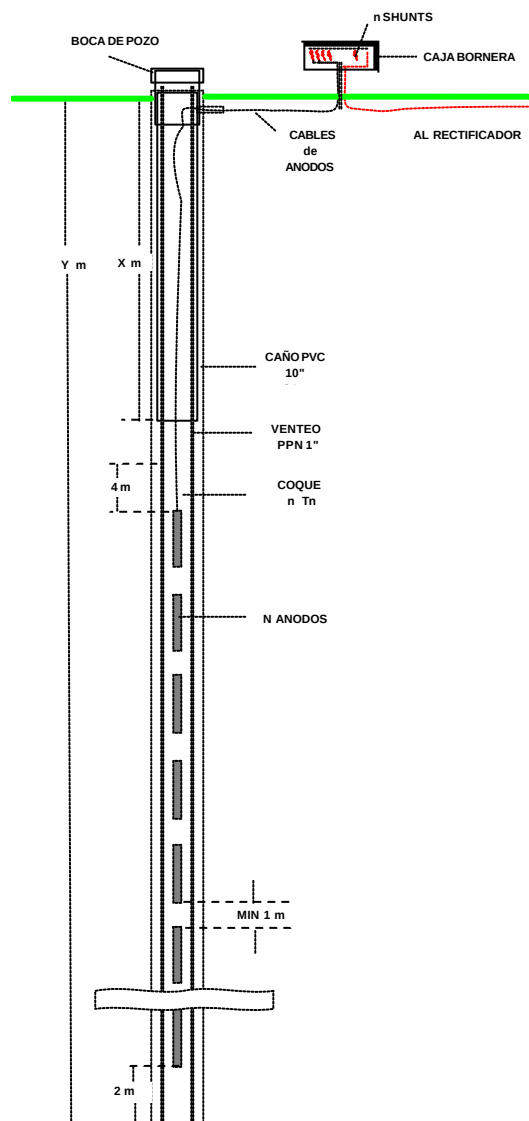
Semiprofundos

Profundos

Recuperables

No recuperables

El tipo de dispersor mas utilizado en este campo de aplicación es el dispersor **profundo no recuperable**, cuyo esquema es:



PROTECCION CATODICA DE CASINGS



La foto ilustra tareas de instalación de un dispersor profundo, durante el proceso de bombeo de relleno carbonico al segmento activo del dispersor.



Maniobras previas a la bajada de electrodos de Fe Si tubulares, en este caso soportado por "perchas"

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

7.- DISPERSORES PROFUNDOS

Selección de materiales

La selección del material del ánodo y sus características son factores más que importantes de la ingeniería de un sistema y constituyen por lo general la causa básica del fracaso práctico de una instalación que se manifiesta como un aumento de la resistividad del dispersor antes de la fecha prevista.

La tabla detalla materiales comúnmente utilizados (a excepción del Aluminio que se describe solo a efectos comparativos) en dispersores profundos. Para cada tipo se tabula su consumo, expresado como la cantidad de Kg que la instalación perderá durante un año por cada ampere drenado.

MATERIAL	CONSUMO (1) [Kg / Amp . Año]	NOTAS
ACERO	10	
Fe Cromo Silicio	0,25 a 1	Fe con 14% Si y 4,5% Cr
GRAFITO	0,5 a 1	Impregnados con cera o parafina
PLATINO NIOBIO	5×10^{-6} a 5×10^{-4} (2)	Admiten tensiones de hasta 100 V
PLATINO TIITANIO	5×10^{-6} a 5×10^{-4} (2)	Admiten tensiones de hasta 12 V
ALUMINIO	4 a 5	
MMO	1×10^{-5} a 1×10^{-6}	Mixed Metal Oxides

(1) depende de interface (2) valores para agua de mar

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Durichlor 51 Tubular

Cast Iron Anodes

Powerful Protection And Uniform Consumption

All conventional impressed current anodes are consumed over time. With Harco tubular cast iron anodes, however, effective protection is provided at a low, and very uniform consumption rate. The anodes are made using the Durichlor 51 alloy, which is consumed at a rate of 0.75 to 1.0 lbs/amp-yr. in sea water. This material also permits an operating current density of approximately 1 amp/ft². To form these anodes a special process called centrifugal casting is employed. Using this technique, the anodes are spun during casting to exert pressure many times the force of gravity. This pressure gives the anodes a denser, more homogenous surface that is resistant to deterioration.

In addition to chemical composition and casting techniques, the configuration of Harco tubular anodes also contributes to improved operating performance. Their unique tubular design provides greater surface area over solid cast iron anodes of identical weight. This in turn lowers anode-to-earth resistance, decreases the current density on the surface of the anode, and permits any generated gases to be distributed over a larger area. The tubular design also means the wire connection can be made in the center of the anode, thus



eliminating the problem of end-effect consumption. In all Harco tubular cast iron anodes, the proven Wedgelok® connection is used. It consists of two angled metal contacts that wedge together, forming a strong bond to the anode and assuring a low resistance connection (under 0.0009 ohm).

Typical Applications

Tubular cast iron anodes operate effectively in a variety of electrolytes, from soil and fresh water to brackish and salt water environments. Under normal conditions, a thin film of silicon dioxide will develop on the surface of these anodes. This film protects the anodes from metal pitting and makes them ideally suited for deep ground-bed applications. Harco tubular cast iron anodes can be installed bare or in a coke-breeze backfill. Use of a backfill does, however, effectively increase the anode's discharge area and lowers its consumption rate to 0.25 lbs/amp-yr.

CHEMICAL COMPOSITION

Element	Content %
C	0.70 - 1.10
Mn	1.50 Max
Si	14.20 - 14.75
Cr	3.25 - 5.00
Mo	0.20 Max
Cu -	0.50 Max
Iron	Remainder

Ejemplo de un catalogo comercial de un electrodo de Fe Si de tipo "Tubular"

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

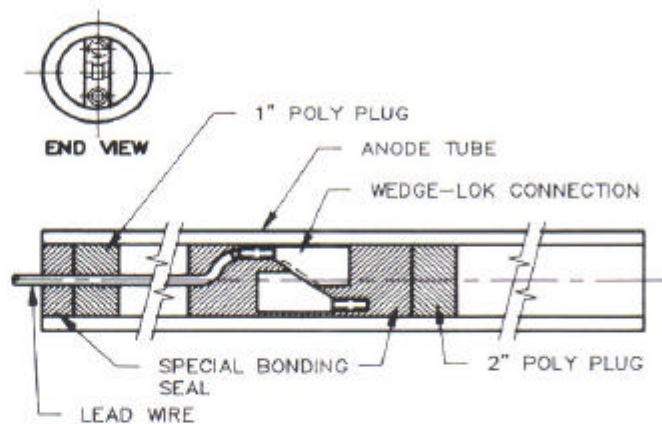
Durichlor 51 Tubular Cast Iron Anodes

Ordering Procedure

Harco cast iron anodes are produced in a number of lengths and diameters. To order the required anode for your structure, indicate that you need a cast iron tubular anode and specify the quantity desired, the anode type, the wire length, size, and insulation, and whether the anode should be packaged or bare. An example is provided to help illustrate this process.

Ordering Procedure Example

ITEM	EXAMPLE
Quantity	200
Anode Material	Tubular Cast Iron
Anode Type	TAM
Wire: Length	20 ft
Size (#8 - Standard)	#8 standard
Insulation (HMWPE - Standard)	HMWPE
Packaging: (Bare or Pkgd.)	Packaged



WEDGE-LOK ASSEMBLY

Standard Dimensions and Shipping Weights

ANODE TYPE	NOMINAL DIMENSIONS in (mm)				BARE WT		AREA	
	Ø		L		lbs	(kg)	ft²	(M²)
TAFW	2.19	(56)	8	(203)	4.3	(1.8)	0.38	(.04)
TAG	2.66	(67)	8	(203)	6.0	(2.7)	0.47	(.05)
TAFWA	2.19	(56)	12	(304)	6.5	(2.9)	0.57	(.06)
TAB	2.19	(56)	24	(609)	13	(5.9)	1.1	(.10)
TABB	2.66	(67)	24	(609)	18	(8.2)	1.4	(.13)
TA2A	2.19	(56)	42	(1067)	23	(10.4)	2.0	(.19)
TA1	2.66	(67)	42	(1067)	31	(14.1)	2.4	(.22)
TAJA	4.75	(121)	24	(609)	31	(14.1)	2.5	(.23)
TACD	2.19	(56)	60	(1524)	32	(14.5)	2.8	(.26)
TAD	2.66	(67)	60	(1524)	45	(20.4)	3.5	(.32)
TA2	2.19	(56)	84	(2133)	46	(20.9)	4.0	(.37)
TAM	3.75	(95)	60	(1524)	60	(27.2)	4.9	(.46)
TA3	2.66	(67)	84	(2133)	63	(28.6)	4.9	(.46)
TAJ	4.75	(121)	60	(1524)	78	(35.4)	6.2	(.58)
TA4	3.75	(95)	84	(2133)	85	(38.6)	6.9	(.64)
TAE	4.75	(121)	60	(1524)	125	(56.7)	6.2	(.58)
TA5	4.75	(121)	84	(2133)	110	(49.9)	8.7	(.81)
TA5A	4.75	(121)	84	(2133)	175	(79.4)	8.7	(.81)

Detalle de un catalogo comercial del tipo de conexionado central y demás dimensiones en un electrodo de Fe Si de tipo Tubular

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Durichlor 51 Solid Rod

Cast Iron Anodes

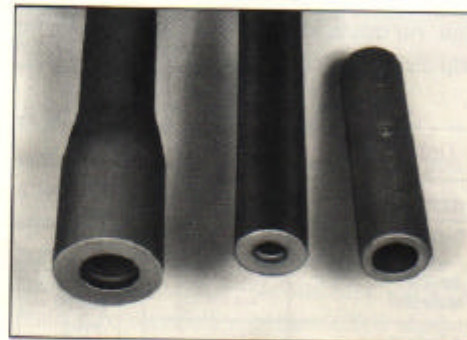
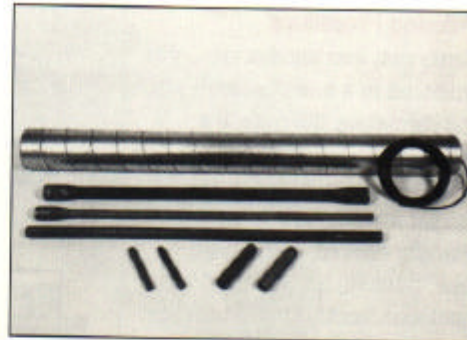
Proven Long-Life Protection

High silicon cast iron anodes have been used for more than four decades to protect buried and submerged structures from corrosion. Over this time period they have proven to be one of the most reliable protection materials available. To meet the large demand for this product, Harco manufactures a wide-assortment of solid cast iron anodes for use on all types of structures. The anodes are cast using the Durichlor 51 alloy. This special alloy composition gives Harco anodes added strength. It also allows the anodes to form a thin film of silicon dioxide on their surface, which reduces the anode's rate of consumption. Consumption ratings for solid Harco cast iron anodes are from 0.5 to 1.0 lbs/amp-yr. in sea water. The anode's recommended operating current density is at or below 1 amp/ft².

To compensate for end-effect, which causes increased consumption at the longitudinal ends of an anode, Harco solid cast iron anodes are back-beveled with more material near the connection. A choice between epoxy encapsulated, epoxy cap, or heat shrink cap connection sealants is also offered. Regardless of which sealant is chosen, the wire-to-anode connection resistance will be less than or equal to 0.004 ohms.

CHEMICAL COMPOSITION

Element	Content %
C	0.70 - 1.10
Mn	1.50 Max
Si	14.20 - 14.75
Cr	3.25 - 5.00
Mo	0.20 Max
Cu	0.50 Max
Iron	Remainder



Typical Applications

Solid cast iron anodes can be used in both soil and water electrolytes. Their unique chemical composition makes them effective in saline mud, brackish water, and other environments containing chloride ions. The anodes also perform well in deep and conventional groundbed applications where halogen gases are often generated. While the anodes may be installed either bare or in a backfill, improved operating efficiency can be obtained with the use of a backfill in non-aqueous soil applications. The backfill increases the anode's discharge area and lowers its consumption rate to 0.25 lbs/amp-yr. Harco cast iron anodes are available bare and prepackaged in a Spira-Pak® canister containing a coke-breeze backfill.

Catalogo comercial de un electrodo de Fe Si de tipo "Sólido"

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

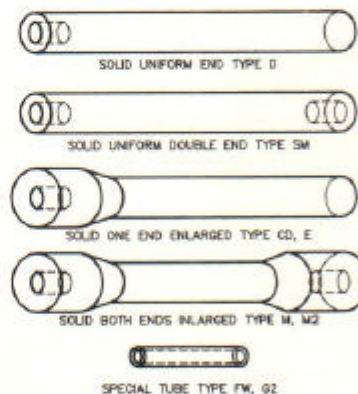
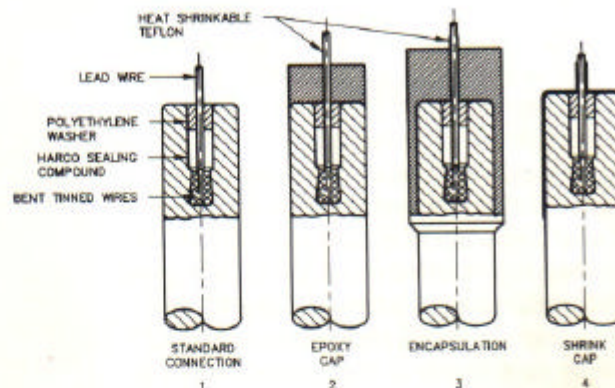
HARCO CERTIFIED

Durichlor 51 Solid Rod Cast Iron Anodes

Ordering Procedure

Harco solid cast iron anodes are available in numerous configurations and with several wire sealing options. To order the required anode for your structure, indicate that you need a solid cast iron anode and specify the quantity desired, the anode type, connection sealant, wire length, size, and insulation, and whether the anode should be packaged or bare. An example is provided to help illustrate this process.

Ordering Procedure Example	
ITEM	EXAMPLE
Quantity	200
Anode Material	Solid Rod Cast Iron
Anode Type	D
Connection Sealant	Epoxy Encapsulated
Wire: Length	20 ft.
Size (#8=Standard)	#8 AWG
Insulation (HMWPE=Standard)	HMWPE
Packaging: (Bare or Pkgd.)	Packaged



Standard Dimensions and Shipping Weights

ANODE TYPE	NOMINAL DIMENSIONS		in (mm)		BARE WT		AREA	
	Ø		L		lbs	(kg)	ft²	(M²)
FW	1.13	(29)	9	(229)	1	(.5)	0.22	(.02)
G2	2	(51)	9	(229)	5	(2.3)	0.40	(.04)
CD	1.5	(38)	60	(1524)	25	(11.4)	2.0	(.19)
D	2	(51)	60	(1524)	44	(20.0)	2.6	(.24)
M	2.25	(57)	60	(1524)	63	(28.6)	2.8	(.26)
M1	2.25	(57)	60	(1524)	65	(29.5)	2.8	(.26)
E	3	(76)	60	(1524)	110	(49.9)	4	(.37)
SM	4.5	(114)	60	(1524)	220	(99.9)	5.5	(.51)

Catalogo comercial con detalle de conexionado y demas dimensiones de un electrodo de Fe Si de tipo "Sólido"

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Graphite Solid Rod Anodes

Protection For Arid Environments

Choosing the right impressed current anode for a particular protection project is highly dependent on the environment which surrounds a buried or submerged structure. In relatively dry soils, graphite anodes have proven to be an ideal choice. Harco manufactures a complete line of graphite anodes which are produced according to strict quality control guidelines. The anodes are composed of high quality petroleum coke which is mixed with coal tar binders and extruded into various diameter rods. The rods are heated repeatedly at temperatures in excess of 2,600°C and then cooled. The end result of this manufacturing process is an anode with a high percentage of carbon which can deliver effective protection at a relatively low consumption rate. In buried soil electrolytes, this consumption rate varies between 0.4 and 2.0 lbs/amp-yr. The recommended current density for graphite anodes is 0.5 amp/ft². Due to the fact that graphite anodes are inherently very porous, Harco treats its graphite anodes with a microcrystalline wax. This wax inhibits moisture from penetrating the anode and causing mechanical and chemical decomposition.

A quality connection is an integral part of any high performance graphite anode. In addition to offering a standard end connection, Harco also produces two types of low resistance center connections. Center wire connections were developed to compensate for end effect. In this phenomenon, increased consumption occurs at the longitudinal ends of an anode. Harco's two center connections compensate for this effect. Both use a specially designed screw which bores into the graphite anode for a strong mechanical bond. The Centap® connection is installed through a longitudinal hole in the



anode. Harco's other center connection is established by a hole drilled only half way through the anode. Regardless which is selected, the connection made will withstand a minimum pull-out strength of 1,500 lbs and possess a wire connection resistance under 0.004 ohm.

Typical Applications

While graphite anodes will operate in aqueous environments, they perform best under dry soil conditions. Use of a backfill effectively increases the graphite anode's discharge surface area and lowers anode-to-earth resistance. The anodes have been successfully used in both conventional and deep groundbed applications, and demonstrate exceptional protection in high chloride environments.

Catalogo comercial de un electrodo de Grafito

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Graphite Solid Rod Anodes

Ordering Procedure

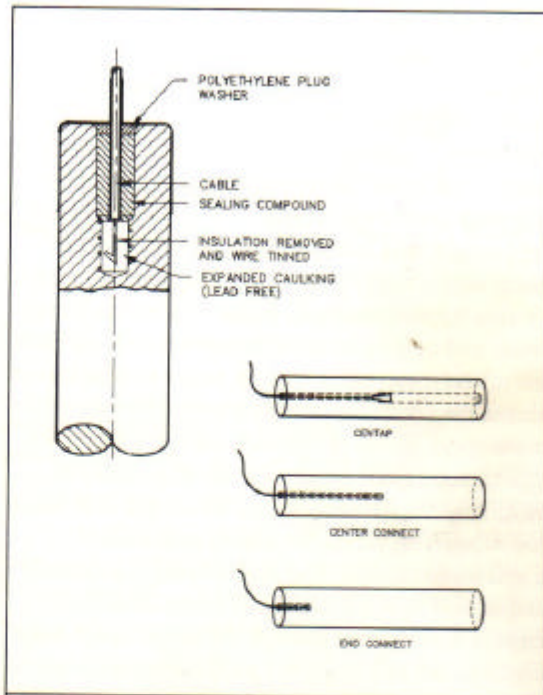
Harco graphite anodes are available bare and prepackaged in a Spira-Pak® container filled with a coke breeze backfill. To order the required anode for your structure, indicate that you need a graphite anode and specify the quantity desired, the anode type, the connection type, the lead wire length, size, and insulation, and whether it should be packaged or bare. An example is provided to help illustrate this process.

Ordering Procedure Example

ITEM	EXAMPLE
Quantity	200
Anode Material	Graphite
Anode Type	3 x 60 in
Connection (Center or End)	Center
Wire: Length	20 ft
Size (#8-Standard)	#8 AWG
Insulation (HMWPE-Standard)	HMWPE
Packaging: Bare or Packaged	Packaged

CHEMICAL COMPOSITION

Element	Content %
Carbon	99.80
Ash	0.20



Standard Dimensions and Shipping Wts

ANODE TYPE DIMENSIONS		in (mm)	BARE WT
Ø	L		lbs (kg)
3 (76.2)	30 (76.2)		13 (5.9)
4 (101.6)	40 (1,016)		35 (15.9)
3 (76.2)	60 (1,524)		27 (12.3)
4 (101.6)	80 (2,032)		70 (31.8)

Catalogo comercial con detalle de conexionado y demás dimensiones de un electrodo de Grafito con distinto tipo de conexiones

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Mixed Metal Oxide

Solid Rod Anodes

Lightweight And Easy To Install

The use of large and heavy impressed current anodes has traditionally been thought to be the only method for protecting numerous types of buried and submerged structures. However, with the development of the mixed metal oxide anode, this notion has been greatly challenged. The anodes are small, lightweight, and can operate at current densities much higher than conventional impressed current anodes (approximately 10 amps/ft² in soil and fresh water and over 50 amps/ft² in seawater). In addition, the mixed metal oxide coating on the anodes has an almost negligible consumption rate of less than 1.0 mg/amp-yr. Harco manufactures a full-line of solid mixed metal oxide anodes for use in a variety of environments. The anodes are composed of titanium rod substrates, which are coated with a mixed metal oxide catalyst. The titanium rod is inherently stable, and thus the transfer of direct electrical current is performed through the mixed metal oxide coating. The end result is a high performance anode with an extremely long-life.

As with any impressed current anode, a reliable lead wire connection is critical to the operating performance of mixed metal oxide anodes. On Harco solid rod anodes, a crimped wire connection is made using twelve-tons of hydraulic compression. The crimped connection is then covered with two types of moisture resistant mastic tapes and sealed with a heat shrink sleeve. This extremely reliable connection has proven to prevent electrical breakdowns and produce a low resistance of under 0.004 ohms.

CHEMICAL COMPOSITION

Substrate	Catalyst
ASTM B-348 Grade 1 Titanium	Mixed Metal Oxide



Typical Applications

Harco rod anodes perform well in all types of environments. Their mixed metal oxide coating prevents substrate attack in even highly acid environments. The anodes have been used with great success in deep and conventional groundbeds and in fresh, brackish, and salt water electrolytes. Harco supplies the anodes either bare or in canisters containing petroleum coke breeze. For aqueous environments, the anodes can also be provided in a specially designed PVC perforated tube which directs current flow and provides extra protection to the anode.

Catalogo comercial de un electrodo tipo MMO (Mixed Metal Oxides)

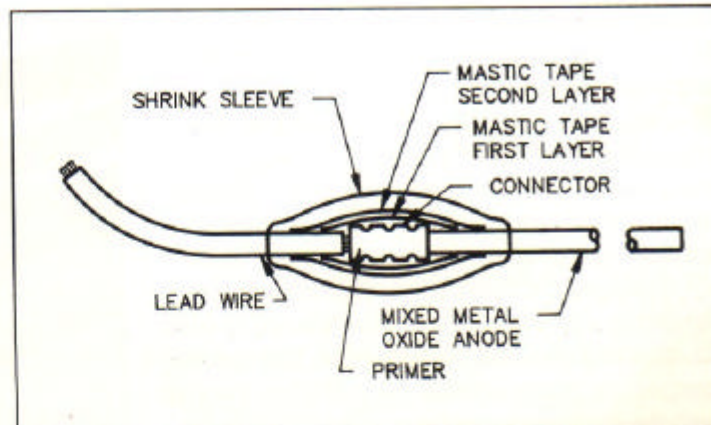
PROTECCION CATODICA DE CASINGS

HARCO CERTIFIED

Mixed Metal Oxide Solid Rod Anodes

Ordering Procedure

Solid rod anodes are available from Harco in a number of diameters and lengths. Lead wires can be attached to one end of the anodes for conventional use, or to both to form anode strings. To order the required anode for your structure, indicate that you need a solid rod mixed metal oxide anode and specify the quantity desired, the anode type, the lead wire length, size, and insulation, and whether it should be packaged, bare or placed in a PVC tube. An example is provided to help illustrate this process.



Standard Dimensions and Shipping Weights

ANODE TYPE	NOMINAL DIMENSIONS		NOMINAL WEIGHT		CURRENT RATING*
	in (mm)	ft (mm)	BARE WT	PKG WT	
	Ø	L	oz / ft (g / M)	lbs (kg)	amps
M 84	0.125 (3.175)	4 (101.6)	0.38 (35.6)	22 (10)	7.0
M 88	0.125 (3.175)	8 (203.2)	0.38 (35.6)	44 (20)	14
M 44	0.25 (6.350)	4 (101.6)	1.5 (43.4)	22 (10)	15
M 48	0.25 (6.350)	8 (203.2)	1.5 (43.4)	44 (20)	30
M 24	0.50 (12.7)	4 (101.6)	6.1 (173.8)	23 (10.5)	29
M 28	0.50 (12.7)	8 (203.2)	6.1 (173.8)	46 (21)	58

* Based on 15 year design life and XE coating in saltwater.

Ordering Procedure Example

ITEM	EXAMPLE
Quantity	200
Anode Material	Solid Rod Mixed Metal Oxide
Anode Type	M88
Wire: Length	10 ft
Size (#6, #8=Standard)	#8 AWG
Insulation (HMWPE and Halar=Standard)	HMWPE
Packaging: (Bare or Pkgd. or PVC tube)	Packaged

Catalogo comercial con detalle de conexionado y demás dimensiones de un electrodo tipo MMO

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



Conjunto de electrodos tipo MMO dispuestos en cadena con conexión redundante

Las dos fotografías siguientes ilustran el caso de conexiones resistivas que llevaron a la falla del empalme por temperatura y al fracaso de la instalacion.



PROTECCION CATODICA DE CASINGS



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Relleno carbonoso

La finalidad del relleno carbonoso es:

Reducir la resistencia del ánodo con respecto al terreno

Extender la vida útil del electrodo

Facilitar la evacuación de los gases producidos por las reacciones de oxidación

Los tipos de relleno comúnmente utilizados son

Coque metalúrgico (carbón)

Coque de petróleo calcinado

Grafito en láminas o granulado

En realidad para los dispersores profundos se utiliza exclusivamente el coque calcinado (o electrocalcinado) de petróleo, en dimensiones de partícula individuales de hasta 1 mm. Este tipo de relleno permite que la mezcla coque – agua sea impulsada al fondo del dispersor por la bomba de lodo del equipo de perforación a través generalmente de un manguerote de 2" de diámetro.

ELEMENTO	CONTENIDO [%]	RESISTIVIDAD [ohm . cm]
COQUE CALCINADO DE PETROLEO		< 5
Carbón fijo	99,77	
Cenizas	0,10	
Humedad	0.00	
Volátiles	0.00	

ELEMENTO	CONTENIDO [%]	RESISTIVIDAD [ohm . cm]
COQUE DE CARBON METALURGICO		50 a 75
Carbón fijo	85,99	
Cenizas	8 a 10	
Humedad	6 a 9	
Azufre	0.80	
Volátiles	0.50	

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Cables

Los cables anódicos son generalmente del tipo de una cubierta HMWPE (polietileno de alto peso molecular), que tiene como característica saliente una alta resistencia mecánica y resistencia a la agresión por hidrocarburos (también especificado para el uso en Plantas de Tratamiento de derivados de petróleo)

En ambientes con cloruros se utilizan cables con la misma aislación externa, mas una cubierta interna denominada comercialmente HALAR o KYNARr (e-ctfe fluoro copolimero)

Generalmente, cuando cada electrodo tiene su alimentación individual, se utilizan conductores de 10 mm²

Es de extrema importancia la prevención de daños físicos a los conductores anódicos durante el proceso de instalación de los electrodos.

Venteos

Los tubos de venteo tiene como finalidad evacuar los gases producto de la reacción anódica y son críticos en el funcionamiento del dispersor, ya que el no desplazamiento de los mismos llevara al bloqueo total del dispersor. Esta fue la causa de falla generalizada que caracterizo a los dispersores profundos durante las etapas iniciales de su implementación.

El tipo de tubería de venteo seleccionado dependerá del coque utilizado, variando desde el tipo ALL VENT para coques del tipo Loresco SC3 (ranuras de 56 micrones) a perforaciones de 1 mm para coque de mayor granulometría

Por razones de seguridad se recomienda duplicar la tubería de venteo

El sector ranurado o perforado se instala en la parte activa del pozo, siendo la instalación ciega desde allí hasta la superficie.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



La fotografía ilustra una canería de 1" en PVC ranurada (tramos blancos) con cuplas cementables para zona activa y de polipropileno ciega en 1" con cuplas de union roscadas para la zona no activa. El conjunto esta ensamblado y listo para su bajada al dispersor.



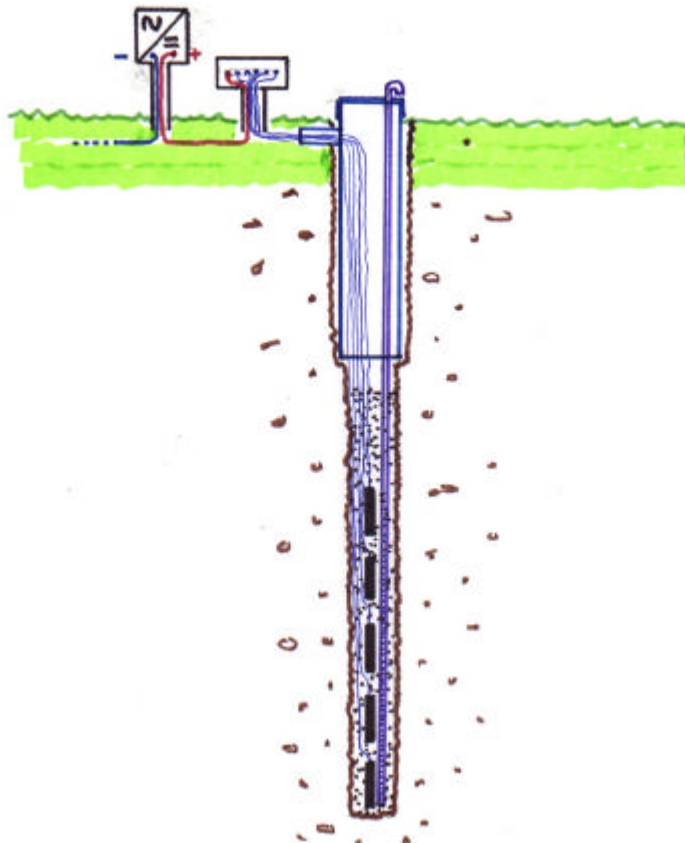
La fotografía ilustra una tubería de venteo degradada por sobre temperatura debido a una instalación sometida a una corriente superior a la corriente de diseño.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Borneras

Vinculan la salida positiva del Rectificador con cada uno de los cables anódicos

Generalmente estan equipadas por shunts para controlar la corriente individual anódica y en ocasiones un selector y amperímetro



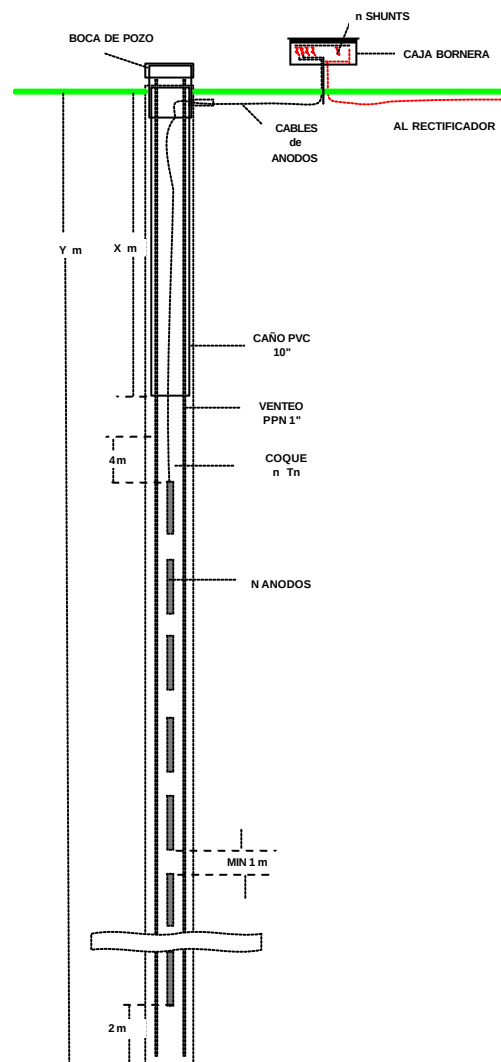
PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Entubación

Como medio de prevención de la contaminación de napas superficiales, en ocasiones el pozo se entuba en la parte cercana a la superficie, en una longitud que depende de lo definido por las Autoridades Hídricas de la región.

Los caños de entubación suelen ser tubos de PVC reforzados, de 10 o 12" de diámetro

El espacio anular existente entre la cañería y el terreno se cementa a los efectos de garantizar la hermeticidad de toda la zona.



El esquema muestra en este caso una tubería de PVC de 10" de longitud "x" destinada a la prevención de la contaminación freática

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

7.- CALCULO

El Especialista responsable del diseño de un sistema deberá seguir los siguientes pasos:

- ? *Determinación de la resistencia máxima deseable del dispensor*
- ? *Calculo del material anódico necesario para una vida útil requerida*
- ? *Calculo de la cantidad de ánodos por densidad de corriente*
- ? *Calculo de la longitud necesaria de la columna de coque*
- ? *Calculo de la longitud del dispensor en función de la resistencia máxima admisible*
- ? *Calculo de la distancia mínima a la estructura protegida*

Determinación de la resistencia máxima deseable [Ra]

Ra es la resistencia de puesta a tierra remota del ánodo. Es un valor de diseño a partir del cual se determinan los parámetros del sistema

Se calcula despejando de la fórmula

$$\mathbf{R_t = R_a + R_w + R_v + R_c}$$

Donde

- Ra = Resistencia de PAT remota del ánodo*
- Rw = Resistencia de conductores (anódicos, catódicos)*
- Rv = Resistencias internas*
- Rc = Resistencia de PAT del casing protegido*
- Rt = (E – Ep) / I*

Donde

- Ep = Tensión de polarización*
- E = Tensión del rectificador*
- I = Corriente total inyectada*

Cálculo del material anódico necesario para una vida útil requerida

El peso del material requerido es

$$\mathbf{W_t = \frac{C_r . T . I}{f}}$$

Donde

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Wt = peso total del material

Cr = régimen de consumo del electrodo

t = tiempo de vida de diseño

I = promedio de corriente durante la vida útil

f = factor de utilización

Cálculo de la cantidad de ánodos por densidad de corriente

Cada tipo de electrodo tiene una densidad de corriente máxima especificada por el fabricante

A partir de este dato se determina, conociendo la corriente total, la cantidad de electrodos

El proyectista deberá tener en cuenta que el drenaje por electrodo no será uniforme, sino que dependerá en gran parte de la resistividad relativa del estrato en el que se encuentra instalado

Cálculo de la longitud necesaria de la columna de coque

La densidad máxima de corriente en la interfaz terreno / relleno conductor depende del tipo de coque utilizado

Cálculo de la longitud del dispensor en función de la resistencia máxima admisible

Utilizando las ecuaciones de Dwight se debe verificar que con la Longitud prevista se logra una resistencia final inferior a Ra

Cálculo de la distancia mínima a la estructura protegida

El proyectista deberá verificar que el casing no esté afectado por más del 5% del gradiente de voltaje del dispensor, condición esta que garantiza el estado de remotividad de la instalación.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

8.- TIPO DE RECTIFICADORES

Rectificadores manuales

Son equipos simples, que básicamente constan de:

Transformador con varias salidas sobre el secundario para control grueso y fino de tensión de salida, ajustable por taps

Etapas rectificadora con placas de selenio o diodos de silicio

Protecciones contra sobretensiones

Instrumentos para control de los parámetros del equipo. Típicamente

Voltímetro de CC, Amperímetro de CC y horómetro.

Ventajas

Confiabilidad

Facilidad de reparación

Precio

Desventajas

Incapacidad para mantener una salida regulada por potencial o por corriente

Para regular múltiples salidas se instalan reóstatos, lo que hace que la regulación sea dificultosa debido a la interacción



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Rectificadores automáticos

En la actualidad existe una tendencia a instalar equipos automáticos, que utilizan técnicas electrónicas de regulación para acondicionar y automatizar la salida.

En la practica se han descartado lo equipos con control a tiristores debido a su baja eficiencia en gran parte de su rango de salida y sobre todo por la carga reactiva que representan para las líneas de alimentación, utilizandose equipos con fuentes de tipo switching de muy alta eficiencia en todo su rango.

Los equipos automáticos pueden a eleccion del usuario regular a:

- Potencial constante*
- Corriente constante*
- Voltaje constante*

Estos equipos suelen tener incorporados interruptores ON OFF, con tiempos de operación controlados por cristal o en los mas modernos por receptores de GPS

Opcionalmente en algunos casos estos rectificadores son telegestionados por radio, celular, satélites de orbita baja o satélites Geoestacionarios.



La fotografía ilustra un equipo de 4 salidas con su panel de control.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

En los equipos telegestionados se accede a la información a través de un software residente en el Usuario o bien a través de un Portal de Datos (WEB). Las fotos siguientes ilustran pantallas típicas de datos operativos (Reportes), de parámetros del equipo, de comandos, gráficos de variables. El software tiene capacidad para generar reportes periódicos o de excepción automáticamente enviados a direcciones específicas definidas por usuario.

Menu Principal - [Serv-Mall 2.0]

Archivo Paredes Configurar

UI Tr

Asentimientos
Cartografía
Comandos
Comandos Enviados
Datos Entrantes
Gráficos

25/11/2002 11:26:00 Prog 84
19/11/2002 11:09:00 Prog 84
19/11/2002 11:09:00 Prog 84
19/11/2002 21:00:00 Prog 84
18/11/2002 21:00:00 Prog 84
17/11/2002 19:17:00 Prog 84
17/11/2002 18:24:00 Prog 84
17/11/2002 18:06:00 Prog 84
17/11/2002 17:32:00 Prog 84
17/11/2002 17:30:00 Prog 84
17/11/2002 11:15:00 Prog 84
17/11/2002 21:00:00 Prog 84
16/11/2002 21:00:00 Prog 84
15/11/2002 21:00:00 Prog 84
15/11/2002 21:00:00 Prog 84
14/11/2002 12:00:00 Prog 84
14/11/2002 21:00:00 Prog 84
13/11/2002 16:48:00 Prog 84
13/11/2002 16:42:00 Prog 84
13/11/2002 16:41:00 Prog 84
13/11/2002 16:34:00 Prog 84
12/11/2002 09:24:00 Prog 84
12/11/2002 09:00:00 Prog 84
11/11/2002 21:00:00 Prog 84
11/11/2002 21:42:00 Prog 84
11/11/2002 21:43:00 Prog 84
11/11/2002 21:45:00 Prog 84
11/11/2002 22:00:00 Prog 84
11/11/2002 22:49:00 Prog 84
11/11/2002 23:26:00 Prog 84
11/11/2002 23:39:00 Prog 84
11/11/2002 23:44:00 Prog 84

OMNITRONIC S.A.

Datos del Reporte

Equipo: Fecha PC: Fecha msg:
Tipo Reporte: Hora PC: Hora msg:
Tensión máxima [V]: Tensión mínima [V]: Hora Informe Automático:

Datos Operativos del Rectificador

Corriente [A]: Tensión [V]: Potencial [-mV]:
Batería [V]: Tiempo en Servicio [horas]: Temperatura [°C]:

Protección del módulo
Falla De Energía
Potencial fuera de Set Point
Corriente fuera de Set Point
Ensayo ON OFF en ejecución
Fuera de sincronismo con el GPS
Circuito Abierto
Ensayo Habilitado
Tensión superior al valor máximo
Tensión inferior al valor mínimo
Tensión fuera de Set Point
Puerta Abierta
Oscilador Fuera de Sincronismo

Parámetros del Rectificador

Set Point Corriente [A]: Set Point Tensión [V]: Set Point Potencial [-mV]:
Modo Control:

Parámetros ON/OFF del Rectificador

Fecha Inicio: Hora Inicio: Tiempo ON:
Fecha Finalización: Hora Finalización: Tiempo OFF:
Sincronización: Uso Horario:

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

Menu Principal - [Comandos]

Archivo Paneles Configurar

☐ Prog 48

☐ Prog 0

☒ Prog 84

☐ Salida 1

☐ Salida 2

☐ Prog 100

Básicos

☐ Set point Potencial [mV]

☐ Set Point Tensión [V]

☐ Alarma Tensión Mínima [V]

☒ Fijar Modo de Control Potencial

☐ Set point Corriente [A]

☐ Alarma Tensión Máxima [V]

☐ Fijar Fecha actual

☐ Fijar Huso Horario [+/- Horas]

Sincronización ON/OFF

☐ Fijar Fecha Inicio

☐ Fijar Hora Inicio

☐ Tiempo ON [seg]

☐ Fijar Fecha Fin

☐ Fijar Hora Fin

☐ Tiempo OFF [Seg]

Peticiones

☐ Requerir Informe Datos

☐ Finalizar Ensayo On - Off

☐ Resetear Tiempo en Servicio

☐ Sincronismo Externo

Peticiones Adicionales Orbcomm

☐ Requerir parámetros On/OFF

☐ Hora Informe Automatico

☐ Requerir parámetros

☐ Con Asentimiento

Errores de Excepción

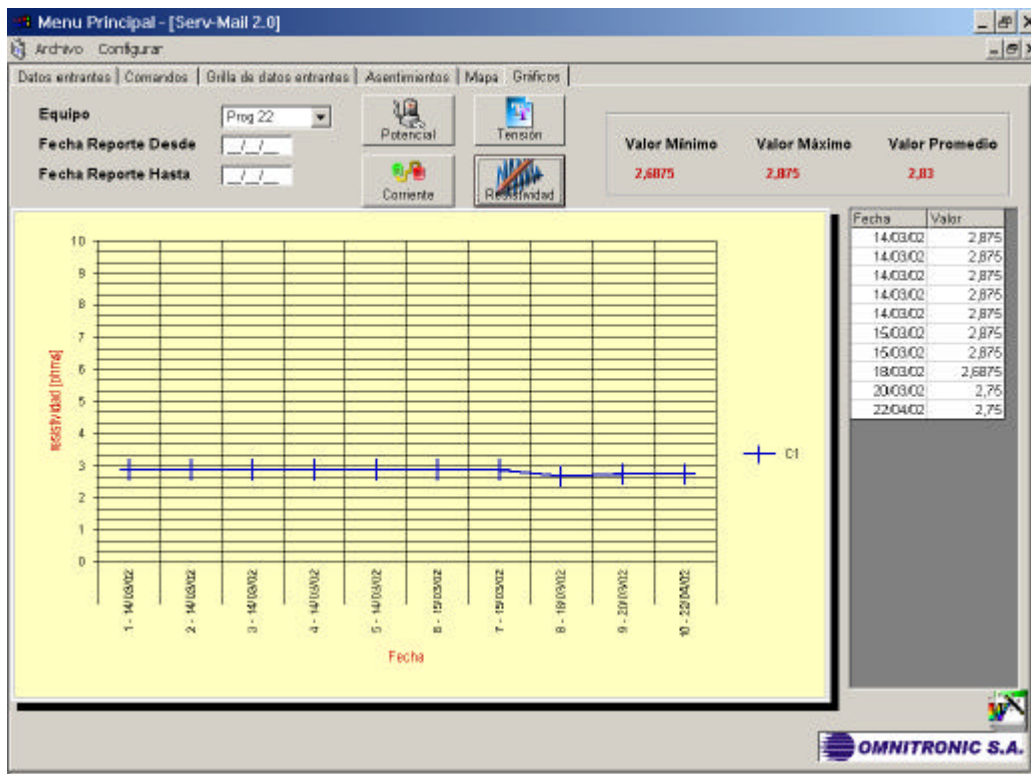
Seleccionar todo

Remar Selección

Enviar Datos

Limpiar

Reset Modem



PROTECCION CATODICA DE CASINGS

9.- MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA

La efectiva funcionalidad del sistema deberá controlarse ya sea mediante la presencia física de técnicos o bien a través de datos telemétricos

Es importante controlar en el caso de casings la corriente inyectada, pero al mismo tiempo controlar la eficiencia de la aislación del casing con respecto de la cañería de producción

Uno de los parámetros más importantes es la evolución de la resistencia del dispersor

Deberá preverse la asignación presupuestaria de una partida para la renovación de dispersores agotados, la reparación de líneas eléctricas y equipos y mantenimiento de las puestas a tierra, como así también los gastos de la cuadrilla de mantenimiento.

RELEVAMIENTO PERIÓDICO PROTECCIÓN DE CASINGS				DISP N° 1	
YACIMIENTO MARÍA INÉS					
FECHA Dic-02		ESTADO DE FUNCIONAMIENTO		ON	OFF
				X	
		TENSIÓN ALTERNA 380		VAC	
RECTIFICADOR MARCA JCB		TIPO AUTOMÁTICO		FECHA INST Feb-98	
RESISTENCIA DISPERSOR CON TELURIMETRO				RESIST PAT	

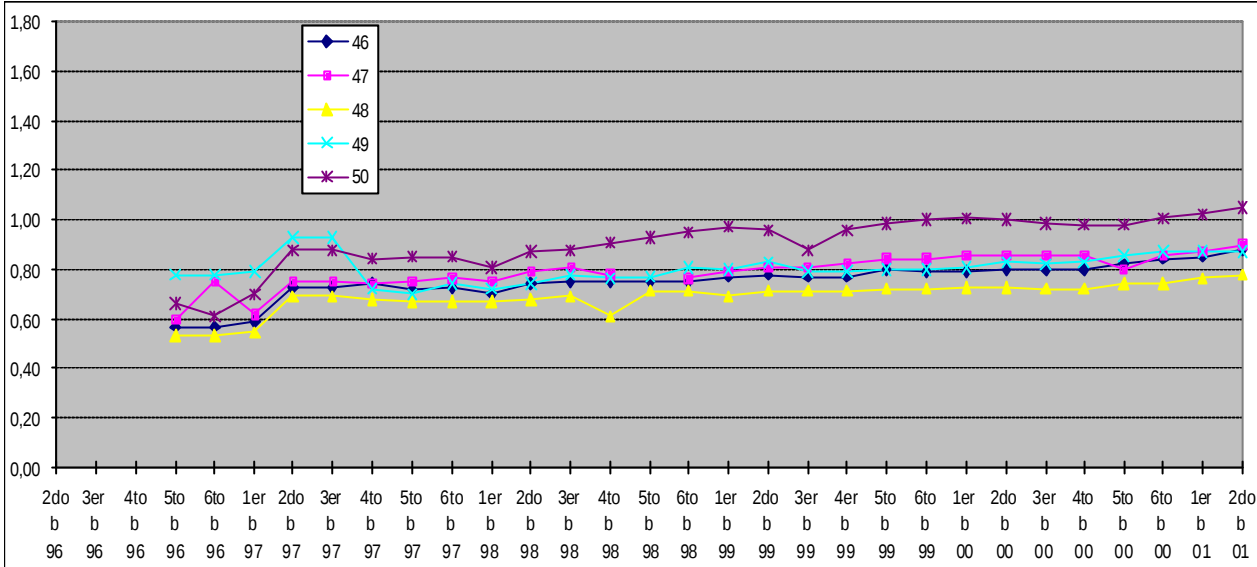
POZOS	REGULACION		I _{cc} [Amp]	V _{cc} [V]	R _m [ohm]	R _d [ohm]
	GRUESA	FINA				
MI 1002			5,0	26,8	5,32	1,38
MI 1005			5,1	26,7	5,29	
MI 1006			5,0	30,0	6,00	
MI 1012			5,0	27,3	5,46	

ANODO N°	I [Amp]	TIPO DE FALLA ENCONTRADA	ANTES	DESPUES
1	1,10	CONDUCTOR ANODICO CORTADO		
2	1,00	CONDUCTOR CATODICO CORTADO		
3	1,10	FUSIBLE CA QUEMADO		
4	1,25	FUSIBLE CC QUEMADO		
5	1,20	FALTA FUSIBLE CA		
6	1,30	FALTA FUSIBLE CC		
7	1,20	ETAPA RECTIFICADOR QUEMADA		
8	1,45	LLAVE TERMOMAGNETICA ROTA		
9	1,32	FALTA LLAVE TERMOMAGNETICA		
10	2,30	FALTA TENSIÓN DE ENTRADA		
11	3,30	FALTA TENSIÓN DE SALIDA		
12	3,40	TRANSFORMADOR QUEMADO		
13		ELECTRÓNICA QUEMADA		
14		COND CATÓDICO DESCONECTADO		
15		DISPERSOR AGOTADO		
16		OTRAS		
17				
18				

OBSERVACIONES GENERALES	
PERÍODO DE MEDICIÓN	DICIEMBRE DE 2002 CUARTO TRIMESTRE
OK	
-0,170 OK	CANTIDAD DE POZOS >>>>> 4

Responsable de la medición: OC

PROTECCION CATODICA DE CASINGS



La tabla y el grafico muestran una típica planilla de mantenimiento de un sistema de protección catódica de casings y el informe con la evolucion de la resistencia de 5 sistemas dispersores.

*Una de las mayores preocupaciones de la gerencia a cargo del mantenimiento será la de monitorear la eficiencia del sistema desde el punto de vista del **control efectivo de la corrosión**, efectuando controles que permitan **eventuales ajustes al diseño**.*

A tal efecto como mínimo se efectuaran las siguientes operaciones:

- ? Generación y actualización periódica de una curva de roturas acumuladas.
- ? Análisis de los informes de Vertilogs efectuados en pozos protegidos
- ? Ejecución de CPPs aprovechando las circunstancias en que el casing quede libre por maniobras de pulling en pozos ubicados dentro de áreas de un tipo determinado de geología.
- ? Se prestara atención para prevenir la existencia de fenómenos de interferencia en caso de nuevas instalaciones.

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

11.- CASO DE ESTUDIO DE UN SISTEMA CON ENVEJECIMIENTO PREMATURO

Consideraciones generales

El estudio se efectúa sobre un yacimiento en explotación con un sistema de protección catódica en operación

El sistema presenta fallas funcionales que se manifiestan en una vida útil inferior a la de diseño

El sistema instalado en 4 campañas anuales consecutivas, consta de 70 dispersores múltiples, el más antiguo con 7 años y el más nuevo con 4 años

El 40% de los pozos dispersores están agotados

Metodología de estudio

Se analizan los antecedentes de diseño, corriente de protección, empresas instaladoras, marca y tipo de los componentes

Se analizan los datos registrados durante el mantenimiento, tabulando y graficando para cada dispersor en función del tiempo, separados por zonas correspondientes a cada campaña anual de instalación

Corriente de protección

Tensión de salida

Corriente por electrodo

Evolución de la resistencia

Se efectúan dos pozos de cateo para determinar la geología del terreno

Resultados relevantes del análisis anterior

La ejecución e interpretación de los CPP a partir de cuyos resultados se diseñó el sistema tenía fallas metodológicas como resultado de las cuales la corriente de protección recomendada por el estudio resultaba insuficiente

Un estudio efectuado en el año quinto aconsejó un importante incremento de la corriente de protección, consecuencia del cual el usuario aumentó la corriente de protección triplicando la de diseño.

Los ánodos fueron saliendo de servicio progresivamente, con lo que la corriente inyectada se repartía entre los restantes

PROTECCION CATODICA DE CASINGS

El deterioro era constante y progresivo

Resultado del estudio

La falla del sistema se debió a la suma de dos factores fundamentales

La densidad de corriente máxima aceptable de cada electrodo fue duplicada al menos (generalmente triplicada) al ajustar la corriente de protección

Por efecto de volcado a terreno de agua de producción durante un periodo de tiempo a traves de pozos sumideros petisos y debido a la presencia de un capa superficial de grava apoyada sobre un manto arcilloso a los 30 metros, el agua salada viajaba apoyada en la capa impermeable y se introducía en los pozos (los que no tenían caño de PVC en la parte inactiva)

El agua salada atacaba activamente a los cables con aislación HMWPE, agregando un segundo factor de envejecimiento y FS acelerado de los ánodos.