

# **PROTECCION CATODICA DE LAS ESTRUCTURAS ENTERRADAS EN PLANTAS DE BOMBEO, COMPRESORAS, TRATAMIENTO Y PROCESO EN LA INDUSTRIA DEL GAS Y PETROLEO.**

**Walter Müller**

**Ing. Ricardo Dovico**

**Rafael Crouzeilles**

**(METROGAS S. A.)**

**(ARCAN Ingenieria&Construcciones S.A.)**

**(ARCAN Ingenieria&Construcciones S.A.)**

## **RESUMEN**

La protección de plantas ha sido y continúa siendo motivo de controversia en el plano internacional, contando con opiniones divididas entre quienes consideran que el sobredimensionamiento de los espesores de pared de las estructuras de acero enterradas es suficiente como para alcanzar la vida útil pretendida, aquéllos que recurren a la selección de materiales resistentes a los distintos tipos de ataque presentes y quienes recurren a la protección catódica como método eficaz y reconocido.

El presente trabajo trata este último criterio considerando y comparando distintos casos en los que se cuente o no con sistemas de aislación dieléctrica de forma de separar las instalaciones de superficie de las soterradas, incursionando incluso en el aspecto económico, el cual es, en definitiva, el motivo de fondo de toda discusión entre los distintos criterios arriba citados.

Se describen casos prácticos extraídos de la experiencia de los autores, en los que se aprecian las distintas posibilidades de protección con el fin de propender a la extensión de la vida útil de las instalaciones enterradas.

## **1. INTRODUCCION.**

La protección catódica de plantas de todo tipo dentro de la especialidad de transporte y tratamiento de hidrocarburos y particularmente de gas, continúa siendo motivo de discrepancia a nivel internacional.

En efecto, existen opiniones encontradas entre físicos, químicos y tecnólogos acerca de la conveniencia o no de proteger catódicamente las plantas. Los primeros sostienen que el diseño propio de este tipo de instalaciones en cuanto a los sobre-espesores de tubos y accesorios, es un factor suficiente para sobrellevar los problemas de corrosión a lo largo de la vida útil proyectada de la planta.

Desde el punto de vista químico, los fenómenos de corrosión podrían ser evitados recurriendo a la selección de materiales y aleaciones resistentes al ataque propio de los medios en los que se encuentran inmersas las estructuras.

Entre los tecnólogos, las diferencias se basan en el temor de contar con corrientes de considerable magnitud circulando por las estructuras en un escenario en el cual no deben descartarse los riesgos propios de la presencia de atmósferas inflamables o explosivas en el ambiente, producto de eventuales escapes.

En opinión de los autores, si se toman los recaudos propios de cada caso en particular (factores de agresividad del suelo, condiciones de revestimiento, configuración de las instalaciones, plantas existentes o en proyecto, condiciones de aislación, factores económicos, etc.), es factible proteger las plantas sin poner en juego la seguridad de las instalaciones. Mas aún, se considera muy conveniente preservar la integridad física de las estructuras enterradas a fin de evitar indeseables pérdidas que incluso, en determinados casos resultan difíciles de localizar para proceder a su reparación.

## **2. - FACTORES QUE DETERMINAN EL DISEÑO.**

### **a) Estructuras a proteger existentes o a instalar.**

Si las cañerías son existentes, es muy costoso lograr la aislación dieléctrica con el fin de separar eléctricamente las instalaciones enterradas de las de superficie. Si se toma el proyecto desde sus inicios,

es posible lograr la efectiva aislación de las estructuras aéreas ( en realidad de sus puestas a tierra), de las subterráneas.

#### **b) Configuración y volumen de las canalizaciones que requieren protección.**

Es importante, a la hora de definir un sistema de protección, tener presente el volumen de tubería que deberá ser protegida y cuan intrincada es su disposición. Una configuración muy compleja atentará contra la instalación de los conductores y demás elementos constitutivos de la protección catódica (cajas de medición, ánodos, electrodos, etc.), debido a la dinámica de la operación y mantenimiento de las plantas.

Con respecto a esto último, es importante asignarle a los sistemas de protección catódica, una jerarquía equivalente a las demás especialidades (comunicaciones, instrumentación, electricidad, etc.) e incluir la previsión de su instalación y mantenimiento durante la etapa del proyecto constructivo.

#### **c) Resistividad del suelo y condiciones de las puestas a tierra.**

Las puestas a tierra de las estructuras aéreas son en definitiva las que consumen la corriente de protección en tuberías no aisladas.

En plantas con suelos de alta resistividad las puestas a tierra suelen no funcionar adecuadamente (por error en el proyecto constructivo o la falta de mantenimiento), siendo las cañerías enterradas, la puesta a tierra con menor resistencia de todo el sistema y por ende, el destino final de las corrientes de descarga.

Una cañería de diámetro 762 mm (30”) y 20000 metros de longitud con un revestimiento de muy buena calidad (50000 ohm.m2), ofrecerá una resistencia a tierra de:

$$R = 50000 / 0,762 \times 3.14 \times 20000 = 1.04 \text{ ohm.}$$

Cabe destacar que una puesta a tierra de seguridad se calcula para una resistencia de 5 ohm.

Esta situación debe considerarse a los efectos de evitar que eventuales descargas atmosféricas inductivas o a tierra de elementos con tensión, destruyan los sistemas de protección catódica. Es importante, desde el punto de vista de seguridad y para proteger los sistemas de protección catódica, intercalar descargadores autovalvulares que permitan franquear el paso hacia tierra de esas corrientes a partir de tensiones previamente definidas.

#### **d) Categorización de las tuberías.**

Se deberán priorizar algunos sistemas (gas combustible, gas de arranque, venteos, red de incendio, etc.), por sobre otros (drenajes abiertos, agua corriente, etc.) a fin de mantener asegurada la protección catódica de las estructuras más importantes.

Una cañería de “segundo orden” puede impedir la protección de cañerías principales.

La aislación entre las estructuras aéreas y enterradas es muy compleja. Abarca desde aislaciones tradicionales (bridas dieléctricas, uniones dobles aislantes, etc.), apoyos, ménsulas, soportes de instrumentación, de sensores, etc., pero una vez lograda, permite la dotación de protección catódica con niveles de corriente significativamente bajos.

#### **e) Definición del sistema.**

Es muy importante tener en cuenta que una planta diseñada con aislación dieléctrica puede protegerse en forma integral en cualquier momento con solo puentear las aislaciones, mientras que una planta que no cuenta con aislación desde sus orígenes, será improbable de aislar una vez en servicio.

También debe tenerse presente que la operación y mantenimiento de la planta suele provocar manipulaciones de las aislaciones produciendo la revinculación de las estructuras.

En plantas convenientemente aisladas, el control de las instalaciones debe efectuarse con mayor asiduidad.

Una variable a considerar cuando se define el sistema de protección, es el revestimiento de la tubería. Un revestimiento inexistente en una gran extensión de la instalación ocasiona una gran demanda de corriente de protección.

#### **f) Criterios de protección.**

La cañería se considerará protegida cuando cumpla con los criterios establecidos en la Recomendación Práctica RP-01-69 (Última Revisión) de la National Association of Corrosion Engineers (NACE International), de los EE. UU. de Norteamérica.

A los efectos de evitar daños en la cobertura aislante (despegue catódico), se recomienda no sobrepasar los límites de potencial aconsejados según el tipo de revestimiento aplicado. En los casos de desconocimiento o dudas respecto al tipo de revestimiento existente, se tratará de no exceder el valor de -1,5 V en el sentido negativo.

### **3. - PROTECCION POR CORRIENTE IMPRESA.**

#### **a) Cuando aplicarla.**

Cuando las instalaciones no cuentan con aislación dieléctrica que separe eléctricamente las estructuras enterradas de las aéreas, o cuando se trate de tuberías carentes de revestimiento, puede recurrirse a la instalación de equipos rectificadores con ánodos dispersores de corriente. Este método es de aplicación en los casos de plantas existentes en las que la instalación de aislaciones dieléctricas resulta en extremo dificultosa o antieconómica. Tiene la desventaja del gran consumo de corriente eléctrica y el alto riesgo de provocar corrosión acelerada (electrolítica) en estructuras que inadvertidamente permanezcan eléctricamente desvinculadas del sistema o por la instalación de canalizaciones en las cercanías del campo eléctrico de los ánodos dispersores.

En caso que se recurra a la instalación de ánodos dispersores continuos, si bien se manejan corrientes de menor magnitud, se presentan los siguientes inconvenientes:

La determinación del potencial estructura-suelo se torna dificultosa debido a la cantidad de variables en juego (resistividad del suelo, superficie de cañería variable debido a diferencias de diámetro, configuración de las tuberías, composición de los aceros, diferencias en los revestimientos, caída de tensión en el ánodo dispersor, etc. Estos inconvenientes tornan desaconsejable la aplicación de estos métodos.

Por otra parte, debe tenerse especial cuidado en la selección de los dispersores, con el objeto de evitar o minimizar la afectación del medio ambiente y que sus efectos puedan ser ambientalmente controlados a la culminación del ciclo de su vida útil.

Los sistemas de corriente impresa con ánodos dispersores distribuidos en plantas que cuentan con aislación dieléctrica han sido poco aplicados en el medio local. El gran inconveniente de este método lo constituye la interpretación de los valores de potencial medidos. La influencia de los numerosos campos eléctricos que afectan las adyacencias de las estructuras protegidas, provoca distorsiones en el establecimiento de los valores reales de potencial en la cañería., en el 2do.caso tratado en este trabajo se detalla esta situación.

En principio será personal altamente calificado efectúe las pruebas previas conducentes a la determinación de puntos fijos para el emplazamiento de los electrodos de referencia, evitando así futuras confusiones emergentes de relevamientos realizados por personal de mantenimiento rutinario.

#### **b) Fuentes de corriente continua.**

Las fuentes de corriente continua mayormente utilizadas son:

- ✍ Rectificadores monofásicos.
- ✍ Rectificadores trifásicos.

Automáticos o manuales, siempre se dará prioridad al elemento más confiable y de menor mantenimiento para dotar de una adecuada protección catódica a todas las tuberías enterradas, asegurando un sistema de funcionamiento ininterrumpido.

Para el cálculo de las fuentes deberá contemplarse la resistencia del circuito y la resistividad del terreno a fin de adecuar las salidas de corriente y tensión de la fuente con el objeto de lograr la optimización del rendimiento del conjunto.

Para la ubicación del rectificador de protección catódica se seleccionará un punto de fácil acceso y tan cerca como sea posible de la fuente de corriente alterna, de modo de minimizar el riesgo potencial de excavaciones accidentales sobre el cable de alimentación, facilitando a su vez el control del funcionamiento del equipo.

El diseño de la potencia de salida del rectificador de protección catódica deberá incluir un margen de seguridad con el objeto de absorber los posibles cambios en las condiciones ambientales que puedan afectar los valores de la resistencia a tierra del ánodo dispensor y asegurar la efectividad de la protección catódica aun cuando la demanda de corriente se hubiese incrementado por la modificación de la resistencia de aislación de la cobertura (por envejecimiento o roturas accidentales) o incrementos en la superficie de las estructuras enterradas debidos a pequeñas ampliaciones.

Las fuentes de corriente continua seleccionadas deberán ser apropiadas para las condiciones de construcción y servicio, de manera de asegurar que los elementos utilizados sean estables durante su vida útil y la de las instalaciones, teniendo en cuenta toda variable posible.

### **c) Dispensores de corriente.**

Los tipos de ánodos dispensores de corriente podrán ser:

- \* Profundo
- \* Superficial
- \* Distribuido
- \* Continuo.

A fin de asegurar que todas las estructuras subterráneas reciban adecuada protección catódica, se deben minimizar los efectos indeseados de la protección catódica, tales como interferencia, sobrepotencial, efecto pantalla, etc.

Los dispensores de corriente se ubicarán en zonas alejadas y preferiblemente en el perímetro exterior de la planta con el objeto de permitir la futura expansión de la estación, minimizar el riesgo potencial de la excavación accidental sobre los ánodos durante el mantenimiento de rutina de la estación y evitar los efectos adversos de interferencia.

Los electrodos podrán ser ajustados a la máxima corriente de salida del rectificador de protección catódica. El electrodo será compatible con el medio en donde será instalado para asegurar que el consumo del mismo se adecue a lo indicado por el proveedor en cuanto a la vida útil según criterio adoptado para el cálculo.

El relleno que se utilizará para la instalación de los electrodos deberá ser carbonáceo, de baja resistividad y compatible con el medio y los electrodos a emplear, con el fin de lograr la máxima eficiencia en la emisión de corriente del ánodo a través del terreno. La composición del medio puede afectar el funcionamiento del dispensor y su vida útil.

Todas las uniones eléctricas subterráneas deberán ser mecánicamente sólidas y a prueba de agua, para evitar afectaciones del cable que podrían ocasionar la falla prematura del sistema. Los materiales del ánodo dispensor deberán ser los adecuados para las condiciones de diseño y servicio para garantizar el funcionamiento permanente de acuerdo a las condiciones de diseño determinadas.

En el dispensor profundo, es conveniente que cada electrodo posea un conductor individual alojado en una caja de empalmes en la superficie, cerca de la boca del pozo, y ésta a su vez, conectada al equipo rectificador a través de un único cable conductor. Esto es importante pues permite el control del drenaje de corriente de cada electrodo en forma individual, además de prevenir que, ante un eventual corte de conductor anódico dentro del pozo, se malogren todos o varios de los electrodos instalados.

Es conveniente, además, que la distancia entre el pozo y el equipo rectificador, sea lo mas corta posible.

En los dispersores superficiales, resulta una buena práctica el fraccionar el dispersor en grupos de electrodos, conectando cada uno de éstos a una caja de empalme ubicada al pie del rectificador y unida a éste mediante un colector único. Con ello se logrará el control del funcionamiento de cada grupo de electrodos que compone el dispersor, asegurar un mayor tiempo de servicio y poder detectar cortes prematuros o accidentales en el dispersor.

Todas las conexiones de los cables de protección catódica a cañerías u otras estructuras metálicas, se realizarán mediante métodos seguros que reduzcan al máximo la resistencia de contacto, por ejemplo soldadura térmica o eléctrica con electrodos adecuados. Se evitará al máximo toda posibilidad de sulfatación en la vinculación de conductores, sellando apropiadamente todo punto de empalme o de conexión a la estructura.

#### **4. - PROTECCION POR MEDIOS GALVÁNICOS.**

##### **a) Cuando utilizarla.**

La condición ideal para la adopción de este método es contar con la aislación dieléctrica de la planta. Las ventajas fundamentales de la aplicación de este sistema radican en su gran economía, la ausencia de riesgo ante la reducida magnitud de corriente aportada y en consecuencia la casi nula posibilidad de afectar nocivamente estructuras aledañas desvinculadas del sistema protegido y la derivación a tierra de corrientes originadas en fenómenos atmosféricos, descargas de generadores o inducción de líneas de alta tensión ubicadas en las inmediaciones.

Por otra parte, el impacto ambiental de su instalación, es considerablemente menor que el de los sistemas de corriente impresa.

La única desventaja que puede presentar este sistema es que requiere controles mas frecuentes, ya que las reducidas magnitudes de corriente aportadas pueden resultar afectadas ante la posible modificación producida en las instalaciones, en cuyo caso será necesario eliminar las irregularidades o instalar material de refuerzo si se ha incrementado el volumen de estructuras a proteger.

Otro empleo de este sistema cuando no se cuenta con aislación dieléctrica entre las estructuras aéreas y las enterradas, se justifica en instalaciones emplazadas en suelos de muy alta resistividad. En estos casos se distribuyen ánodos galvánicos (aunque no se alcancen los criterios de protección) a los efectos de canalizar eventuales descargas a tierra, proveyendo un sistema de seguridad adicional.

El material galvánico para protección catódica es recomendable cuando una planta cuenta con la debida aislación dieléctrica o cuando exista necesidad de utilizar los ánodos como puesta a tierra de las estructuras, evitar efectos de interferencia sobre estructuras metálicas ajenas al sistema o bien minimizar los riesgos de descargas atmosféricas y de inducción proveniente de líneas de alta tensión.

Para la selección del material galvánico y su relleno, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- \* Resistividad del suelo
- \* Vida útil de diseño
- \* Demanda de corriente
- \* Resistencia de puesta a tierra.

La composición, morfología del material y el relleno, deben adecuarse a cada condición de resistividad del suelo.

La vida útil de diseño determinará la elección del peso de los ánodos.

Los requerimientos de corriente determinarán la cantidad de material galvánico a instalar.

La morfología de cada tipo de material y la resistividad del terreno, determinarán el valor final de la puesta a tierra.

Todas las conexiones de los cables de material galvánico a cañerías u otras instalaciones se realizarán a través de cajas de interconexión. Esto permite asegurar el control periódico y facilitar el reemplazo de los ánodos agotados.

## **5. - GENERALIDADES.**

Todas las conexiones catódicas entre distintas estructuras se efectuarán a través de cajas, con el objeto de evitar que defectos del conductor provoquen efectos en el funcionamiento del sistema y tener la posibilidad de desconexión de la parte afectada para realizar estudios particulares o aislar cañerías temporalmente conectadas a tierra.

## **6. . ANTECEDENTES DE PLANTAS PROTEGIDAS.**

### **a) Planta de Tratamiento Pico Truncado (Pcia. De Santa Cruz).**

En 1970 se decidió dotar de protección catódica a esta Planta de Tratamiento del Sistema de Captación de Gas en el Flanco Norte de la provincia de Santa Cruz, con una capacidad de tratamiento de 10 MMm<sup>3</sup>/día.

La planta carecía de todo tipo de aislación dieléctrica interna, contando con juntas aislantes solo en las tuberías externas que confluían hacia y emergían desde ella, tales como las cañerías de captación, el Acueducto proveniente del Río Deseado ( a esa altura de cauce subterráneo) y un Colector principal y el Gasoducto Troncal que partían de Planta en dirección Norte, con destino a la Planta de Cañadón Seco y la Capital Federal respectivamente.

Teniendo en cuenta la elevada resistividad del terreno (del orden de 18/24 kOhm-cm), se diseñó un sistema de protección catódica compuesto por cuatro (4) equipos rectificadores tri- fásicos de una capacidad de 200 Amperes de salida de corriente continua cada uno.

Los dispersores de corriente, consistentes en ánodos de titanio platinado (primera experiencia con ánodos de metales nobles en el país), fueron alojados en pozos de 130 metros de profundidad y sumergidos en agua artificialmente salada.

La corriente total suministrada (del orden de los 650 Amps.), protegió, además de la Planta, un radio de aproximadamente 10 kms. de las cañerías convergentes y divergentes de aquélla. El sistema fracasó tres años mas tarde por el colapso de los ánodos, los que por falta de mantenimiento en el agregado periódico de cloruro de sodio, superaron la tensión máxima admisible de 10 volts, destruyéndose en su punto de conexión con el conductor anódico.

A partir de allí, los pozos fueron aprovechados, recuperando los ánodos (o lo que de ellos quedaba) y reemplazándolos por electrodos de fundición de hierro con alto contenido de silicio, sumergidos en un lecho de coque metalúrgico.

La merma en la corriente de salida obtenida, hizo prescindir de proteger las tuberías externas de la Planta, quedando el sistema de protección circunscripto al área interna de ésta, la que insumió a tales fines una magnitud de corriente total del orden de los 250 Amps.

### **b) Plantas de Bombeo de Bajo del Gualicho y Garayalde (Pcia. del Chubut).**

En el mes de abril de 1974, se produjo una pérdida de gas en el interior de la Planta de Bombeo de Bajo del Gualicho, sobre una tubería de gas de consumo de diámetro 25 mm.(1”).

Al descubrir la tubería para proceder a su reparación, quedó accidentalmente expuesta parte de la tubería de entrada a Planta del Gasoducto Troncal, diámetro 762 mm (30”). Esta mostraba un estado alarmante de corrosión, con gran cantidad de focos localizados de una profundidad de hasta 7,5 mm. (el espesor de pared del tubo dentro de Planta era de 15,88 mm. (5/8”).

Los focos de corrosión apreciados presentaban una forma geométrica tronco-cónica invertida (hacia el interior de la pared), y no poseían productos de corrosión, lo que hizo suponer un fenómeno de corrosión electrolítica ocasionado por corrientes interferentes.

Se asoció esto con un caso ocurrido en la misma Planta en el año 1968, en que el corte involuntario de un conductor de continuidad soldado aguas arriba y aguas abajo de la trampa de scraper ubicada entre las tuberías de entrada y salida del Gasoducto Troncal, ocasionó la voladura de éste al norte de la Planta.

Analizado el caso, y restituida la solución de continuidad a través de la trampa, se concluyó que la fuente interferente estaba constituida por el mismo dispersor de corriente del sistema de protección

catódica del Gasoducto, al situarse la Planta entre éste y la tubería a proteger. Inmediatamente se dispuso el traslado del dispensor hacia una nueva ubicación que no ofreciera ningún riesgo de interferencia. Lamentablemente, en aquella oportunidad, no se tomó la precaución de efectuar sondeos en el interior de la Planta para constatar eventuales daños, dando por hecho que los posibles efectos serían despreciables.

Volviendo al año 1974, ante el estado de las tuberías, se decidió proteger catódicamente las instalaciones internas de la Planta, la que carecía de toda aislación dieléctrica entre las tuberías enterradas y las estructuras de superficie. Esto fue logrado con la corriente de protección suministrada por el equipo rectificador existente, parte de la cual se derivó hacia el interior de la Planta a través de una resistencia limitadora, insumiendo, para alcanzar el mínimo nivel de protección admisible, una corriente de tan sólo 7 Amps, debido a la contribución de la alta resistividad del terreno.

Ante la posibilidad de que un cuadro similar podría tener lugar en la vecina Planta de Bombeo Garayalde, gemela de la anterior y emplazada sobre la misma línea, se reprodujo el modelo de protección catódica, la que fue alcanzada en este caso con la cesión de 9 Amps del equipo rectificador instalado para proteger el gasoducto troncal. La exigua demanda de corriente insumida para la protección catódica de esta Planta es asimismo atribuible al suelo de alta resistividad.

En los años posteriores, ambas Plantas no mostraron evidencias de procesos corrosivos, según han demostrado los programas de seguimiento y control de las instalaciones.

### **c) Planta Petroquímica Bahía Blanca - PBB (Pcia. de Buenos Aires).**

En 1976 tuvo lugar la finalización de las obras de construcción de la Planta Petroquímica Bahía Blanca, destinada a la producción de etileno como materia prima para abastecer a futuras empresas que se radicarán en el Polo Petroquímico de Puerto Galván (Pcia. de Buenos Aires) e incluso para su exportación.

A su vez, la planta sería abastecida con el etano que extraería la Planta Productora que la ex Empresa GAS DEL ESTADO proyectaba construir en Gral. Cerri, 17 km al sur de la ciudad de Bahía Blanca.

Originalmente, el Directorio de Petroquímica Bahía Blanca estaba conformado por YPF, Gas del Estado y la Dirección General de Fabricaciones Militares. Por parte de Gas del Estado fueron designados Directores los Sres. Ings. Antonio T. Barbato y Pablo Ricagni.

Dado que el proyecto de la Planta no contemplaba la protección catódica de la misma y teniendo en cuenta la familiarización del Ing. Barbato con esta especialidad, éste sugirió encomendar a Gas del Estado, como Empresa líder en la aplicación de estas técnicas en Latinoamérica, el estudio de factibilidad para dotar de protección a las instalaciones.

Se conformó un equipo constituido por la Dra. María Magdalena González, Walter Müller y Francisco Figueroa, quienes llevaron a cabo los cálculos teóricos y la labor de campo necesarios para el estudio de referencia.

Del requerimiento de antecedentes surgió que la Planta se había erigido sobre un relleno de lecho marino obtenido por refulado y recubierto por un manto de tosca de un espesor de 1,5 a 2 metros, en la intención de mitigar los efectos del salitre contenido en el relleno.

Lejos de cumplir con esta previsión, una vez en el lugar, se observó la afloración del salitre por sobre la superficie del terreno, el que, por capilaridad, había saturado la capa de tosca emergiendo al exterior. La resistividad medida en varios puntos del terreno, arrojó valores promedio del orden de los 400 ohm-cm.

Las instalaciones subterráneas de la Planta comprendían, además de las tuberías propias del proceso y transporte de producto, las de la red de agua contra incendio, agua de refrigeración (con un río subterráneo de acero de diámetro 1067 mm (42") que procedente de la torre de enfriamiento alimentaba de agua a la red) y canalizaciones de servicios tales como agua corriente y gas de consumo, todas ellas convenientemente revestidas.

Al no preverse aislación de ningún tipo, la protección catódica se veía dificultada por la gran cantidad de estructuras en contacto con el terreno, entre las que pueden mencionarse las siguientes:

- \* Dos piletas para almacenaje de agua contra incendio de 50 metros de diámetro cada una, apoyadas sobre 54 pilotes hincados a una profundidad de 17 metros y rematados en una punta cónica de acero. Entre las dos piletas sumaban 108 pilotes, todos vinculados al resto de las estructuras a través de las armaduras de hierro.
- \* Una extensa malla reticulada de puesta a tierra con secciones de cable de cobre de hasta 70 mm<sup>2</sup>. (Es sabido que el cobre enterrado insume 3,5 veces la corriente del acero).
- \* Un elevadísimo número de bases de hormigón armado y apoyos de cañería constituídos por acero empotrado en dados de hormigón a su vez semienterrados en el suelo.

Para los estudios de necesidad de corriente, se emplearon dos equipos rectificadores de capacidad 50 Amp/50 Volt cada uno, debiéndose recurrir también a cuatro máquinas de soldar de 200 Amp cada una (dos de ellas estáticas y dos rotativas).

Se efectuaron envíos de corriente desde diversos puntos de emplazamiento de las fuentes de energía con resultados muy variados, debido fundamentalmente a efectos de escudo o pantalla por la configuración misma de las estructuras, además de las variables emergentes de las distintas geometrías ensayadas para el enclavamiento de las estacas metálicas utilizadas como dispersores provisorios.

Luego de varios intentos, se llegó a la conclusión, en función de los resultados obtenidos y la total cobertura de los niveles de potencial deseados, que la mejor distribución de corriente se lograba situando las fuentes de envío en cada uno de los cuatro vértices de la Planta, con un sistema de dispersores concatenados dispuestos perimetralmente en torno al área operativa de la Planta.

La corriente total demandada para la efectiva protección de las instalaciones fue de 750 Amp. Elevada esta información a las Autoridades del Complejo Petroquímico, éstas desestimaron el proyecto por mayoría, considerando como muy elevada la erogación anual por consumo de energía para alimentación de los equipos de corriente impresa, a lo que debía sumarse el costo inicial de instalación de los sistemas de protección, el stock de repuestos y la mano de obra necesaria para el control periódico de inspección (inspección quincenal de los rectificadores y relevamiento semestral de potenciales estructura-suelo en todos los puntos de referencia).

Incluso fue desechada por su costo, la posibilidad de separar lo aéreo de lo enterrado mediante la aislación dieléctrica, pese a que se contaba con un amplio margen de tiempo hasta la puesta en servicio de la Planta.

La protección anticorrosiva de la Planta quedó, de esta forma, supeditada a la sola acción de la cobertura aislante, que si bien era de muy buena calidad, no era del tipo mas recomendable para ese tipo de suelo como único medio protector.

Estas decisiones dieron por resultado que a principios de 1980, aun antes de entrar en servicio, se tomara conocimiento de 14 pérdidas acaecidas en las instalaciones enterradas de la Planta, la mas grave de ellas ocurrida sobre el río subterráneo de diámetro 42”.

El agravante de estas pérdidas, todas atribuidas a la corrosión por suelos, fue su localización, ya que los pisos de la Planta fueron construídos con hormigón rígido, en lugar de articulado, lo que obligaba a extensas roturas para ubicar la fuga en forma precisa a los fines de su reparación.

#### **d) Planta Extractora de Etano, Propano e Hidrocarburos Pesados del Gas Natural General Cerri (Pcia. de Buenos Aires).**

En el año 1978 dió comienzo la construcción de esta Planta, ubicada a 17 km al sur de la Ciudad de Bahía Blanca, en las proximidades de la localidad de Gral. Daniel Cerri.

El volumen de las estructuras, la complejidad de su configuración, la ubicación geográfica y el tipo de suelos en los que se halla asentada, fueron los factores que permitieron equipararla a la Petroquímica Bahía Blanca en lo concerniente a la aplicación de la protección catódica.

En efecto, esta planta estaba emplazada sobre un terreno de relleno con tierra extraída del Salitral de la Vidriera, muy próximo al lugar, por lo que la resistividad del suelo era del orden de los 377 Ohm-cm. El revestimiento de las instalaciones subterráneas era asfáltico, en su versión de doble cobertura, con un espesor de 5 mm, similar al de Petroquímica Bahía B.B.

Las estructuras a proteger comprendían, además de las líneas de producto, las tuberías de gas de arranque, gas combustible, red de drenaje presurizado (drenaje cerrado), red de drenaje por gravedad (drenaje abierto), sistema de venteos, red de agua contra incendio, redes de distribución de agua potable y gas de consumo, tuberías de acero inoxidable de la faz criogénica del proceso y sistema de alimentación de aceite a los equipos de turbocompresión.

El listado de las tuberías, detallado por longitud y diámetro, consta en el ANEXO 2, del cual puede deducirse que la superficie total a proteger era de 4165 metros cuadrados aprox.

En forma independiente, fueron protegidas catódicamente las cañerías de los grandes gasoductos de entrada y salida de la Planta, con su manifold de válvulas, sus trampas de scraper y demás accesorios, cuyas trazas hubo que modificar en una extensión de 330 metros debido al predio de ocupación de la Planta.

Estos tramos no son considerados en el presente trabajo como parte de la planta, por lo que no serán tenidos en cuenta. Lo tratado en esta presentación se limita a las estructuras comprendidas dentro del perímetro de la Planta de Proceso, con excepción de los tramos de tubería hasta los centros de almacenaje de producto, de los drenajes hasta el foso de quema y cañería de anhídrido carbónico hasta el puente de medición.

Los elementos que dificultaban la protección catódica de esta Planta, consistían en la malla de puesta a tierra con conductores de cobre de una sección de hasta 70 mm<sup>2</sup> (similar a la de Petroquímica), y las discontinuidades de la red de drenaje abierto, cuyas cámaras de inspección (de mampostería), no permitían la continuidad eléctrica de las cañerías de entrada con las de salida.

Este último inconveniente fue fácilmente resuelto mediante el puenteo eléctrico establecido exteriormente a través de la soldadura con conductores de 10 mm<sup>2</sup>.

A su vez, se dispuso la vinculación de todas las estructuras metálicas enterradas entre sí, de modo de unir todos los subsistemas en uno sólo, el cual sería protegido en block.

Con la valorable experiencia recogida en los estudios y ensayos realizados en las instalaciones de Petroquímica Bahía Blanca, y aprovechando que el proyecto se encontraba en su etapa inicial, se coordinó con el Departamento de Ingeniería del Consorcio encargado de la construcción, el estudio de aislación, en la intención de separar eléctricamente las canalizaciones enterradas y los equipos de superficie.

A partir de esta decisión, se previó la presencia de personal técnico con estadía permanente en el escenario de la Obra el que, en estrecha coordinación con el staff de Inspección, controlara el fiel cumplimiento del proyecto conjuntamente con las demás actividades inherentes a la protección anticorrosiva, entre las que se encontraban la supervisión de los revestimientos, la supervisión de la protección catódica en la modificación de traza de los grandes gasoductos, y la supervisión del revestimiento y protección catódica de las tres líneas a construir para la vinculación del Complejo con el Polo Petroquímico de Puerto Galván (propanoducto, gasoducto y etanoducto).

La responsabilidad del proyecto recayó en el Sr. Walter Müller, por aquél entonces Jefe de Ingeniería del Sector Protección Anticorrosiva de Gas del Estado, mientras que las tareas de Supervisión en campo fueron encomendadas al Sr. Rafael Crouzeilles, autores del presente trabajo.

Definido el proyecto, resultó una tarea muy ardua la supervisión del mismo por la dinámica propia de este tipo de obras, debido a las modificaciones que en reiteradas y numerosas ocasiones, provocaban que, en una jornada se removiera y se rehiciera lo del día anterior, amén de las continuas discusiones

con el personal de obra ajeno a la especialidad de corrosión, no compenetrado en los objetivos del proyecto y por lo tanto, reacio a su ejecución.

Otro de los grandes problemas radicó en el cortocircuitado de las aislaciones ya instaladas, motivado por el continuo armado y desarmado de las bridas dieléctricas con fines operativos y pruebas durante la obra realizado por personal inexperto. La detección de estos casos se lograba mediante envíos de corriente realizados diariamente con el fin de verificar la demanda de corriente respecto de la jornada anterior. Si la demanda era excesiva con respecto a la precedente, se debía indagar sobre el último operativo realizado para ubicar la zona de la posible falla y, mediante el uso de instrumental especializado, detectar la aislación malograda y proceder a su normalización.

Esto se repitió durante gran parte de la obra, lo que reafirma el celo requerido en este tipo de inspecciones.

Una vez avanzada la obra, el control de los niveles de protección catódica se realizaba a través de un potencial caño-suelo testigo en un punto de la red de incendio. Este lugar era muy sensible a la variación de los valores ante la mínima puesta a tierra que tuviera lugar en cualquier punto del sistema, hecho que daba el alerta acerca de irregularidades ocurridas.

De esta forma, a través de una medición de potencial que no demandaba mas que unos pocos minutos, se tomaba conocimiento del estado general de protección en la totalidad de la Planta.

Las técnicas actuales, permiten el monitoreo diario computarizado de las instalaciones realizado desde la sala de control, mediante un canal de registro y la instalación de un electrodo de referencia permanente, datos que se sugiere sean incluídos dentro de las rutinas de mantenimiento preventivo. Esto permite determinar la correspondencia entre una eventual y abrupta reducción de los niveles de protección y algún operativo realizado, allanando el camino para la inmediata restauración del potencial.

Consideración aparte merece el tema de la red de drenaje abierto. Esta red, en sus puntos de afloración por sobre el terreno, poseía embudos metálicos sobre los que descargaban las cañerías de drenaje de los distintos equipos de superficie. En casos, se trataba de un solo caño de descarga y en otros, la descarga se producía a través de dos, tres y hasta cuatro caños sunchados entre sí. Los embudos poseían, en su parte superior abierta, un aro de terminación en forma de arandela plana, con un ala de unos 40 mm, lo que reducía el diámetro original del embudo, de aproximadamente 200 mm.

Para evitar el contacto eléctrico, las tuberías de descarga debían estar perfectamente centradas respecto del diámetro interior del embudo, ya que se introducían ligeramente en éste, para evitar derrames o salpicaduras.

Este centrado resultaba en extremo difícil, no tanto de lograrlo, sino de mantenerlo, sobre todo en los casos de descargas múltiples a través de manojos de caños. Las frecuentes maniobras de armado y desarmado de los sistemas de drenaje, ya sea por modificación en los diámetros de los caños de descarga o por el agregado de descargas de otros equipos sobre el mismo embudo, ocasionaban contactos con los bordes de éste, produciendo el cortocircuito.

La solución a este problema consistió en el diseño de arandelas de material fenólico de 5 mm de espesor, con un diámetro externo igual al del embudo y un diámetro interno inferior en 5 mm al de éste. Estas piezas se fijaban al borde plano del embudo con cuatro tornillos dipuestos a 90° uno de otro.

De esta forma, todo contacto producido por efectos de descentrado de las cañerías de descarga, se produciría sobre el borde de material dieléctrico, evitando la puesta a tierra.

Con decisiones de este tipo, tomadas sobre la marcha, se adquiría experiencia para proyectos futuros.

En definitiva, la efectiva aislación dieléctrica de la Planta se logró intercalando juntas aislantes en 199 bridas (existentes en su casi totalidad) y la instalación de tres uniones dobles aislantes, mas las aislaciones de embudos descriptas y la interposición de planchas de material aislante en todos los apoyos de tubería sobre bases metálicas o de mampostería.

Durante el prolongado período de construcción de la Planta, las instalaciones subterráneas fueron protegidas temporalmente con corriente derivada de la vecina y antigua Planta Compresora y Extractora de Propano y Butano a través de un puente eléctrico establecido en la junta aislante instalada sobre la cañería de agua que, proveniente del tanque elevado existente, proveía de este fluido a la Obra. Con esa misma fuente de energía se efectuaban los frecuentes ensayos para la detección de fallas de aislación que fueran citados anteriormente.

Finalizada la construcción de la Planta, y estando perfectamente circunscripta el área de proceso, contando con la total y debida aislación entre las estructuras enterradas y las aéreas, se procedió a la instalación del sistema de protección catódica definitivo.

Para ello fué necesaria la instalación de CIEN (100) ánodos galvánicos de zinc de 19 Kgs cada uno, agrupados en baterías de 4/5 ánodos encolumnados en hoyos de diámetro 152 mm (6") y rodeados de una mezcla despolarizante compuesta por partes iguales de yeso y bentonita.

La naturaleza del terreno, en cuanto a contextura, permitió horadar los hoyos a profundidades de 5/6 metros por medios manuales, utilizando palas barreno con extensiones adecuadas. A su vez, el reducido diámetro de la excavación hizo que sólo fuese necesario remover cuatro baldosas del pavimento articulado, lo que agregó aun mayor simpleza al operativo.

Las baterías fueron conectadas a las estructuras a través de cajas de medición del tipo ciudad, a fin de posibilitar el control periódico del potencial y la corriente drenada.

La sumatoria de los drenajes medidos en las baterías arrojó un valor total de CUATRO (4) Amp (0,96 mA/m<sup>2</sup>), lográndose niveles de protección satisfactorios.

Estableciendo un nivel de comparación objetivo con la Planta Petroquímica Bahía Blanca, se deduce que, de no haberse contado con aislación dieléctrica la corriente insumida por la Planta de Etano para la protección catódica de un mismo volumen de instalaciones, hubiera sido de aprox. 400 Amps, restando los 350 Amps que demandaban las instalaciones inexistentes en este caso, como por ejemplo la torre de enfriamiento, las dos piletas de agua contra incendio, y las entubaciones para la captación de agua.

En resumen, puede concluirse que el método aplicado representó una reducción de CIEN (100) veces respecto de la demanda de corriente necesaria de no existir aislación dieléctrica. La instalación del sistema de protección catódica definitiva tuvo lugar en el año 1981. En 1990, el relevamiento de potenciales rutinario acusó una merma en los niveles de protección del orden del 10%, lo que fue subsanado con un refuerzo consistente en la instalación de 19 ánodos del tipo de los instalados originalmente, uniformemente distribuidos y adicionados a las baterías existentes. El mencionado refuerzo permitió restituir los niveles de protección de la Planta a valores satisfactorios.

A partir de 1992, a raíz de la privatización operada en las Empresas Nacionales, se perdió contacto con la Planta, no contando de allí en mas con información que permitiera seguir la evolución del proceso en caso que la respectiva Licenciataria hubiese decidido mantener este método de protección.

## **7. - CONSIDERACIONES ECONOMICAS.**

En orden de establecer una comparación de costos entre los métodos de protección de Plantas con sistemas galvánicos convenientemente aisladas o con sistemas de corriente impresa para las que no cuentan con aislación alguna, se ha tomado el caso figurado de aplicación de protección catódica de PETROQUIMICA BAHIA BLANCA, su proyección proporcional para el caso de PLANTA DE ETANO GRAL. CERRI (asumiendo que ésta no contara con la debida aislación dieléctrica) y el caso real del sistema galvánico instalado.

A los efectos del cálculo y sobre todo para la estimación de los costos de mantenimiento del sistema respectivo, se ha considerado un período de vida útil de 10 años de los elementos sacrificables de cada sistema, luego de los cuales corresponde la reposición o refuerzo de los mismos para un nuevo ciclo de vida útil, no tenido en cuenta en las presentes consideraciones dada la dificultad de su estimación, sobre todo en los casos figurados.

\* PLANTA PETROQUIMICA BAHIA BLANCA.

Protección con sistema de corriente impresa a ejecutar por Contrato.

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| COSTO DE INSTALACION (*)    | \$ 190.000,00   |
| COSTO DE MANTENIMIENTO (**) | \$ 1.222.000,00 |
| COSTO TOTAL                 | \$ 1.412.000,00 |

(\*) Comprende un sistema de protección catódica conformado por 4 equipos rectificadores de capacidad 200 A- 100 V cada uno de ellos, con un dispersor superficial vertical compuesto por 40 electrodos diseñados para un régimen de liberación de corriente de 5 A cada uno instalados en un lecho de coque y ubicados en torno al perímetro de la Planta.

(\*\*) Involucra sólo la facturación de energía eléctrica para la alimentación de los equipos, sin considerar la inspección quincenal recomendada de las instalaciones, la humectación periódica de los dispersores ni el eventual deterioro de elementos constitutivos de las unidades rectificadoras.

\* PLANTA DE ETANO GENERAL CERRI.

Proyección de un sistema similar al de Petroquímica Bahía Blanca en su adecuada proporción, al no contar la Planta de Etano con la estructura de la torre de enfriamiento, piletas de agua contra incendio ni con entubaciones de gran diámetro para la distribución de agua. Estas apreciaciones hacen que la proporción aplicable para la protección de esta Planta sea del 53,3%, lo que representa un insumo de corriente de 400 Amp.

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| COSTO DE INSTALACION   | \$ 101.300,00 |
| COSTO DE MANTENIMIENTO | \$ 651.750,00 |
| COSTO TOTAL            | \$ 753.050,00 |

Del mismo modo que para el caso de PBB, los costos considerados no contemplan la inspección quincenal, la humectación periódica de los dispersores ni eventuales desperfectos de los equipos.

**SISTEMA DE PROTECCION CATODICA CON ANODOS GALVANICOS EJECUTADO POR ADMINISTRACION.**

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| COSTO DE INSTALACION (*)    | \$ 105.000,00 |
| COSTO DE MANTENIMIENTO (**) | \$ 60.000,00  |
| COSTO TOTAL                 | \$ 165.000,00 |

(\*) Incluye la inspección de la instalación de las aislaciones y el control de su mantenimiento, el costo de los materiales (aislación, ánodos galvánicos, cajas de medición, etc.), mano de obra de instalación (aislaciones y protección catódica) y supervisión en general.

(\*\*) Comprende el relevamiento de potenciales mensual y el costo de la inspección y reposición de aislaciones eventualmente malogradas.

## 8. CONCLUSIONES

**1. El análisis de las consideraciones técnicas y económicas no deja lugar a dudas acerca de la conveniencia de aislar las estructuras aéreas de las subterráneas durante la etapa de proyecto de las Plantas. Esta condición se torna improbable una vez que las instalaciones están en servicio. La aislación dieléctrica y su mantenimiento contribuyen a reducir significativamente los costos de aplicación de la protección catódica.**

Esto se corresponde con lo que sucede en otro aspecto: cuanto mayor sea el grado de aislación de un revestimiento, menores serán los insumos de corriente y por lo tanto los costos de los sistemas de protección catódica.

2. La conveniencia de instalación de ánodos galvánicos como sistema de protección está limitada a condiciones de resistividad del suelo aptas para garantizar su buen funcionamiento, como también al grado de calidad o inexistencia del revestimiento.

## **ANEXO 1** **DETALLE DE COSTOS**

### **PLANTA PETROQUIMICA BAHIA BLANCA (CORRIENTE IMPRESA)** **COSTOS DE INSTALACION**

#### **1. MATERIALES.**

|                                             |    |           |                   |
|---------------------------------------------|----|-----------|-------------------|
| 4 Equipos Rectificadores 200 A - 100 V      | \$ | 23.200,00 | (\$ 5.800,00 c/u) |
| 3000 m conductor sección 25 mm <sup>2</sup> | \$ | 7.200,00  | (\$ 2,40/ m )     |
| 160 electrodos de cte. Impresa              | \$ | 67.200,00 | (\$ 420,00 c/u)   |
| 32 Tn relleno carbonáceo                    | \$ | 16.000,00 | (\$ 500,00/ Tn)   |
| Sistemas de humectación                     | \$ | 8.000,00  | (\$ 2.000,00 c/u) |
| Empalmes tipo Scotch Cast                   | \$ | 2.500,00  | (\$ 14,00 c/u)    |
| Cruces encamisados (2 por equipo)           | \$ | 2.400,00  | (\$ 300,00 c/u)   |
| Bases de gabinetes y alim. Eléctrica        | \$ | 4.800,00  | (\$1.200,00 c/u)  |
| Cajas colectoras y de conexión              | \$ | 3.000,00  | ( Global )        |
| Soldadura, revestimiento, etc.              | \$ | 1.000,00  | ( Global )        |

**Subtotal Materiales      \$    135.300,00**

#### **2. MANO DE OBRA**

|                                                  |    |           |
|--------------------------------------------------|----|-----------|
| 5 Operarios, 1 Capataz, 1 Jefe de Obra (40 días) | \$ | 18.000,00 |
| Movilidad y transporte                           | \$ | 6.000,00  |
| Viáticos                                         | \$ | 5.000,00  |
| Utilidades- imprevistos                          | \$ | 25.000,00 |

**Subtotal Mano de Obra    \$    54.000,00**

**Total      \$    189.300,00 => \$ 190.000,00**

### **COSTOS DE MANTENIMIENTO.**

750 A x 100 V = 75.000 W = 75 kW x 24 hs x 365 d x \$ 0,1860 / kW.h = \$ 122.000,00 /año.  
En 10 años = \$ 1.220.000,00

**COSTO TOTAL    \$    1.412.000,00**

### **PLANTA DE ETANO (PROTECCION CON ANODOS GALVANICOS)** **COSTOS DE INSTALACION.**

#### **1. MATERIALES**

Anodos, cajas de medición, mat. de aislación, cable, etc.    \$    25.950,00

**Subtotal Materiales                    \$    25.950,00**

**2. MANO DE OBRA**

|                                                       |    |           |
|-------------------------------------------------------|----|-----------|
| 1 Capataz, 4 operarios (15 días)                      | \$ | 13.000,00 |
| Inspección instalación aislaciones (sueldos,viáticos) | \$ | 39.000,00 |
| Supervisión (sueldo-viáticos-pasajes)                 | \$ | 12.800,00 |
| Instalación Juntas Aislantes                          | \$ | 11.250,00 |
| Movilidad y transporte                                | \$ | 3.000,00  |

**Subtotal Mano de Obra            \$    79.050,00**

**COSTO DE MANTENIMIENTO.**

Relevamiento de potenciales (mensual) y costo inspección/reposición de aislaciones eventualmente malogradas

|               |    |                       |
|---------------|----|-----------------------|
| En UN año:    | \$ | 6.000,00 (\$ 500/mes) |
| En DIEZ años: | \$ | 60.000,00             |

**Subtotal Costo Mantenimiento    \$    60.000,00**

**COSTO TOTAL                    \$    165.000,00**

**PLANTA DE ETANO (PROTECCION CON CORRIENTE IMPRESA - FIGURADO).**

Tomando la parte proporcional de la Planta Petroquímica Bahía Blanca ( 53,33 %)

53,33 % de 750 A = 400 A.

Costo de instalación: 53,33 % de \$ 190.000,00 = \$ 101.300,00

Costo de mantenimiento:

400 A x 100 V = 40.000 W = 40 kW x 24 h x 365 d x \$ 0,1860/kW.h = \$ 65.175,00/año

|                        |    |            |
|------------------------|----|------------|
| En DIEZ años           | \$ | 651.750,00 |
| + Costo de instalación | \$ | 101.300,00 |

**COSTO TOTAL                    \$    753.050,00**

**ANEXO 2**

**COMPUTO DE CAÑERIAS DE PLANTA DE ETANO**

El presente cómputo comprende las tuberías de drenaje abierto, drenaje cerrado, agua potable, agua contra incendio, gas combustible, gas de consumo, aceite, gasolina, propano, butano, anhídrido carbónico y área de proceso criogénico.

| DIAMETRO       | LONGITUD  | Sup. x metro lineal | SUP. PARCIAL |
|----------------|-----------|---------------------|--------------|
| 19 mm ( 3/4")  | 34,19 m   | 0,06 m2/m.l.        | 2,05 m2      |
| 25 mm ( 1")    | 2136,38 m | 0,08 m2/m.l.        | 170,91 m2    |
| 38 mm (1 1/2") | 134,47 m  | 0,12 m2/m.l.        | 16,14 m2     |
| 51 mm ( 2")    | 1420,73 m | 0,16 m2/m.l.        | 227,32 m2    |
| 76 mm ( 3")    | 1754,88 m | 0,24 m2/m.l.        | 421,18 m2    |

|               |           |                           |                              |
|---------------|-----------|---------------------------|------------------------------|
| 102 mm ( 4")  | 1516,30 m | 0,32 m <sup>2</sup> /m.l. | 485,22 m <sup>2</sup>        |
| 152 mm ( 6")  | 3525,89 m | 0,48 m <sup>2</sup> /m.l. | 1692,48 m <sup>2</sup>       |
| 203 mm ( 8")  | 355,26 m  | 0,64 m <sup>2</sup> /m.l. | 227,37 m <sup>2</sup>        |
| 254 mm ( 10") | 1004,00 m | 0,80 m <sup>2</sup> /m.l. | 731,20 m <sup>2</sup>        |
| 305 mm ( 12") | 200,00 m  | 0,96 m <sup>2</sup> /m.l. | 192,00 m <sup>2</sup>        |
|               |           | <b>SUPERF. TOTAL</b>      | <b>4165,87 m<sup>2</sup></b> |

## **2° CASO : PROTECCION INTEGRAL DE PLANTA**

### **1. - INTRODUCCION**

Como ya se vió, en el caso de plantas, el diseño de los sistemas de protección catódica resulta mucho más complejo que para el caso de tendidos longilíneos de cañerías, debido fundamentalmente a la configuración geométrica normalmente compleja que adquieren el conjunto de cañerías y equipos instalados, lo que hace más dificultosa su protección.

Para el caso de plantas no existe un único criterio que sea de aplicación general. Cada proyecto tiene sus propias características y a ellas deberá adecuarse el diseño de la instalación, siendo este un tema que aun genera controversias

Entonces resulta necesario definir en cada caso conceptualmente cual será la filosofía de diseño que se implementará, pudiendo una compañía emplear distintos criterios en forma alternativa según las características de la planta a proteger.

### **2. DESARROLLO DE PROYECTO EN PLANTA**

#### **CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES EN PLANTA**

En toda planta existen condiciones de seguridad para el personal de operación sobre la probabilidad de que se vean expuestos a daños por contactos francos con tensiones de CA que pudieran aparecer sobre las estructuras metálicas, originadas por fallas, cortocircuitos o sobretensiones de origen interno o externo (descargas atmosféricas), y las cuales requieren por lo tanto una puesta a tierra que garantice estas situaciones.

Al mismo tiempo, los sistemas de protección catódica requieren para aumentar su eficiencia, aislar o minimizar la magnitud de la corriente continua que pudiera derivarse a través de las conexiones de puesta a tierra existentes sobre las mismas estructuras que están protegiendo.

Lo anterior muestra lo común que resulta que los sistemas de protección catódica tengan requerimientos contrapuestos, que se hallan en conflicto. Por un lado la excelencia en la calidad del revestimiento buscando minimizar las zonas metálicas expuestas, incrementar la resistencia eléctrica que presentan las estructuras relativas a la tierra, de forma tal que, con mínimos requerimientos de corriente pueda protegerse catódicamente todo el sistema. Pero esta optimización de los sistemas anticorrosivos puede dar lugar a situaciones de inseguridad para el personal y funcionamiento de equipos.

Todo esto debe ser resuelto durante la etapa de diseño del sistema. En esta cuestión cabe aclarar que existen en el mercado dispositivos que permiten la conexión a tierra de la corriente alterna pero bloquean la corriente continua (entre la cañería y tierra o entre cañerías con sistemas de protección catódica diferentes separadas por una junta dieléctrica), los cuales se tratarán mas adelante.

### **3. CRITERIOS – DISEÑO DEL SISTEMA**

#### **a) Sistema dividido :**

Utilización de aislaciones eléctricas entre las cañerías enterradas y las aéreas. Todas las cañerías enterradas permanecerán aisladas de los sistemas de puesta a tierra, los cuales solamente estarán

conectados a los tramos aéreos de cañería. La corriente necesaria para la protección será un valor reducido, resultando así muy simple alcanzar la protección de las cañerías enterradas (se preverá el empleo de aislaciones eléctricas en todos y cada uno de los tramos aéreos). Como contrapartida a lo anterior es necesario un frecuente trabajo para chequear el correcto funcionamiento de la totalidad de las aislaciones al menos con una frecuencia mensual. Además en el caso de falla de una aislación resulta muchas veces imposible su remplazo o reparación debido a las necesidades operativas de la Planta, pudiendo o no el sistema previsto compensar esta pérdida de corriente.

En el caso de un sistema dividido o parcializado, resultará imprescindible llevar a cabo un relevamiento mensual a través de personal calificado, a partir del hecho que cualquier falla en una aislación dejará sin protección a toda o parte de la instalación

#### **b) Sistema integrado :**

Protección de todas las cañerías. Toda la planta estará interconectada y no se emplearán aislamientos eléctricos en ninguna de las áreas que conforman la planta. En este caso la corriente total de protección resulta mucho más alta, pero los costos de mantenimiento son mínimos, debiéndose solamente mantener la misma corriente inicial de operación del sistema. Nada puede esperarse que ocurra mientras las lecturas mensuales de salida de corriente se mantengan en valores similares (sin variación), debiéndose prever solamente un relevamiento anual de planta a través de personal calificado.

### **4. RESUMEN**

De lo expuesto arriba, concluimos que existen dos opciones básicas para implementar los sistemas de protección catódica en Plantas, ambas conceptualmente viables

a) El primer caso se da cuando las cañerías enterradas conforman un sistema independiente respecto del resto de cañerías y equipos instalados sobre la superficie.

b) En el segundo caso, todas las cañerías están interconectadas eléctricamente. Esto da lugar a que una parte importante de la corriente se pierda a través de los sistemas de puesta a tierra (también a través de las fundaciones civiles de los equipos, etc) .

En general a través de los reportes se puede observar que en plantas con muchos puntos de aislación, es común que personal de operación y mantenimiento sin el suficiente conocimiento en protección catódica podrá dejar desconectado algún componente de la aislación y así quedar la aislación fuera de servicio (parcial o totalmente), o en algunos casos interrumpir la conexión catódica (?). Las normativas o procedimientos emitidos por la NACE y otros, hacen mención a que se debe ser cuidadoso cuando se diseña aislaciones eléctricas en estas áreas.

*(?) Como alternativa también podría utilizarse aisladores catódicos o celdas de polarización, las cuales son un camino simple para la CA, bloqueando la CC, pero es común que los responsables de planta no acepten esta opción, fundamentalmente por los costos de estos equipos y además por el riesgo que puede surgir en el caso de fallas en estos sistemas. Además, se requiere al menos una supervisión mensual que es esencialmente lo que se quiere evitar.*

La razón fundamental que lleva a adoptar finalmente el criterio de protección integral es la seguridad y bajo mantenimiento, especialmente cuando se esta trabajando en plantas industriales donde existen áreas clasificadas

#### **a) Definición del Diseño a emplearse y comentarios sobre estos**

Definición del Sistema : Este tipo de decisión formará parte del manual de diseño conceptual, que deciden que la totalidad de las cañerías permanecerán unidas eléctricamente con el resto de la planta para minimizar los problemas asociados con el control de la corriente a aplicarse, interferencias eléctricas y mantenimiento de las aislaciones. Las instalaciones enterradas comprenderán las cañerías

de entrada y salida, cañerías de gas combustible, gas de operadores, de consumo, cañerías auxiliares como venteos, drenajes, líneas de aire comprimido, aceite, etc. También deberá incluirse la red de puesta a tierra y fundaciones civiles. Estimándose una corriente de 20 ma/m<sup>2</sup> para las cañerías y agregándole los requerimientos de corriente para el resto de instalaciones enterradas, los requerimientos típicos de corriente para la totalidad de las instalaciones de planta es alrededor de 30 Amperes.

Los sistemas de protección catódica son diseñados para la demanda total de corriente estimada, debiéndose luego desarrollar una configuración de ánodo que permita minimizar los [problemas de](#) apantallamiento e interferencia en orden de lograr proteger la totalidad de las estructuras con uniformidad en los niveles.

Para estructuras demasiado complejas, el comportamiento final del sistema de protección catódica dependerá de la habilidad y experiencia por parte del responsable del diseño.

En la medida que la malla a proteger se hace más compleja, menos confiable se hace el sistema tradicional, el cual utiliza un único dispersor central.

En el caso de los sistemas divididos, todas las estructuras enterradas sin ninguna excepción, deberán estar unidas eléctricamente, caso contrario el propio sistema de protección catódicas inducirá procesos corrosivos sobre las secciones interferidas (en este punto, se hace imperioso que el responsable del proyecto sea capaz de predecir la interacción de los campos eléctricos en el terreno como parte del proceso de diseño, y evitar todo conflicto interno).

Durante el uso de esta alternativa se puede interferir otras estructuras (la interferencia ocurrirá cuando otras estructuras vecinas están ubicadas dentro del campo eléctrico generado por el sistema de protección catódica, y el mismo tiene una magnitud suficiente como para hacer ingresar corriente desde el medio a la estructura metálica). Normalmente la zona de conflicto en sistemas de geometría simple no se extiende mas allá de 100 metros, pero en el caso de plantas la posibilidad de interferencia va mas allá de esa distancia). A fin de evitar estos procesos es imprescindible asegurar que no habrá estructuras metálicas enterradas que no estén interconectadas con el sistema de protección catódica instalado.

La metodología más práctica es definir un criterio de nivel de interferencia en función de una variación de tensión (? V), pero esto encierra un riesgo. Este mismo ? V puede en algunos casos representar un riesgo y en otros el problema resultará insignificante.

La ubicación de estos casos de interferencia es frecuentemente librado a la interpretación de un especialista. Por esto muchas veces esta evaluación resulta completamente subjetiva e insatisfactoria. Lo que estamos proponiendo es procurar el empleo de un método más confiable.

Determinar el nivel de interferencia no es una tarea simple. Dependerá entre otras cosas de las siguientes :

- ? La magnitud del campo eléctrico (o densidad de corriente en el terreno)
- ? La respuesta electroquímica de la estructura interferida (revestimiento).

## **5. DESARROLLO DEL CASO 2**

### **a) Descripción del diseño de las Instalaciones**

La Planta tiene aproximadamente 1100 metros cuadrados de superficie metálica enterrada (cañería y accesorios).

A requerimiento del cliente se definió utilizar en la Planta, un Sistema de Protección Catódica Integral de todas las instalaciones internas a través de un sistema de corriente impresa y ánodo dispersor discreto (un único dispersor profundo de 80 metros). La Planta se aisló del sistema externo a través de aislaciones bridadas instaladas en cámaras de inspección.

Se instalaron además aislaciones secundarias sobre bridas de by pass de válvulas de entrada y salida de planta, en los tubing de los operadores de las mismas y en cajas eléctricas de actuadores y señal de las mismas. Las aislaciones además cuentan con descargadores autovalvulares.

El sistema de Protección Catódica se diseñó para una capacidad de 50Volts-50Amperes.

La conexión catódica se realizó en forma directa a las cañerías de mayor diámetro (entrada y salida de Planta) y a través de tres cajas de interconexión a las cuales se vinculaban eléctricamente las distintas partes de la Planta para asegurar la protección sobre todas las estructuras metálicas enterradas.

#### **b) Descripción de los sistemas de Puesta a tierra**

Las normas eléctricas requieren que exista una sólida vinculación o conexión a tierra de los equipos eléctricos, por lo que la Planta está provista de un sistema de puesta a tierra para la protección contra sobretensiones debidas a fallas del sistema eléctrico, descargas de origen atmosférico o descargas de electricidad estática en equipos (acorde a lo establecido en las normas IEEE std 80, IEEE std 142 y IEC 1024-1 y 1024 -1-1). Esta puesta a tierra puede llevar los niveles de protección catódica a valores inadecuados, impidiendo alcanzar una adecuada protección.

El Sistema de puesta a tierra está conformado por tres subsistemas claramente definidos:

- ? Subsistema de Puesta a Tierra Eléctrica General
- ? Subsistema de Puesta a Tierra de Señal y de Seguridad Intrínseca
- ? Subsistema de Protección contra Descargas Atmosféricas

#### *Subsistema de puesta a tierra eléctrica general*

A esta red se conecta todo el equipamiento eléctrico de potencia y control instalado y cualquier otro equipo que pueda estar o quedar energizado y en consecuencia deba ser protegido contra contactos eléctricos accidentales, por ejemplo:

Edificios metálicos, recintos y estructuras, carcasas, patines de compresores (Skid), recipientes, tanques y columnas con posibilidad de cargas estáticas, columnas de iluminación, cercos y alambrados perimetrales en la planta, etc.

Los centros de estrella de los generadores están también rígidamente puestos a tierra a través de un dispersor independiente. El mismo está conectado a la malla general de puesta a tierra de la planta.

La malla de tierra citada está constituida por un número suficiente de conductores de cobre dispuestos en forma de una grilla con las necesarias jabalinas o electrodos de puesta a tierra. Se requiere que el valor de Resistencia de Puesta a Tierra para este subsistema sea menor o igual a 5 ohm (además debe cumplir con los valores máximos definidos para la tensión de paso y de contacto, lo que determina la grilla a conformarse).

#### *Puesta a Tierra de Señal y de Seguridad Intrínseca*

Las unidades de control de los turbocompresores y los paneles de control llevan una conexión de tierra independiente para la puesta a tierra de la señal como para la puesta a tierra de seguridad intrínseca.

Ambos subsistemas tienen un dispersor común constituido por un electrodo profundo a la napa de agua con un valor de resistencia de puesta a tierra de 1 ohm. Ambos sistemas están conectados en un solo punto con la malla de tierra general (IEEE std 142).

#### *Subsistema de protección contra descargas atmosféricas*

Todas las estructuras están protegidas contra descargas atmosféricas (IEC 1024-1, 1024-1-1 y normas IRAM de aplicación).

Existe un sistema externo de protección contra descargas atmosféricas LPS (Lightning Protection System) constituido por los captosres (pararrayos tipo Franklin -Faraday de 5 puntas en las torres de iluminación e hilos de guardia), los elementos de bajada, y los dispersores.

Todas estas tierras son conectadas a un punto común para lograr la equipotenciación.

### Resistividad

La resistividad media medida dentro del predio de la Planta es de 1500 ohm x cm, por lo que se considera al mismo como medianamente agresivo.

### **c) Puesta en marcha y determinación de zonas conflictivas**

Concluidos los trabajos y puesto en marcha el sistema de Protección Catódica, se llevó a cabo un relevamiento general de potenciales cubriendo la totalidad de la Planta y el gasoducto detectándose estructuras sin niveles de protección en área de generación e influencia sobre el gasoducto exterior (aislado).

### Area de generación

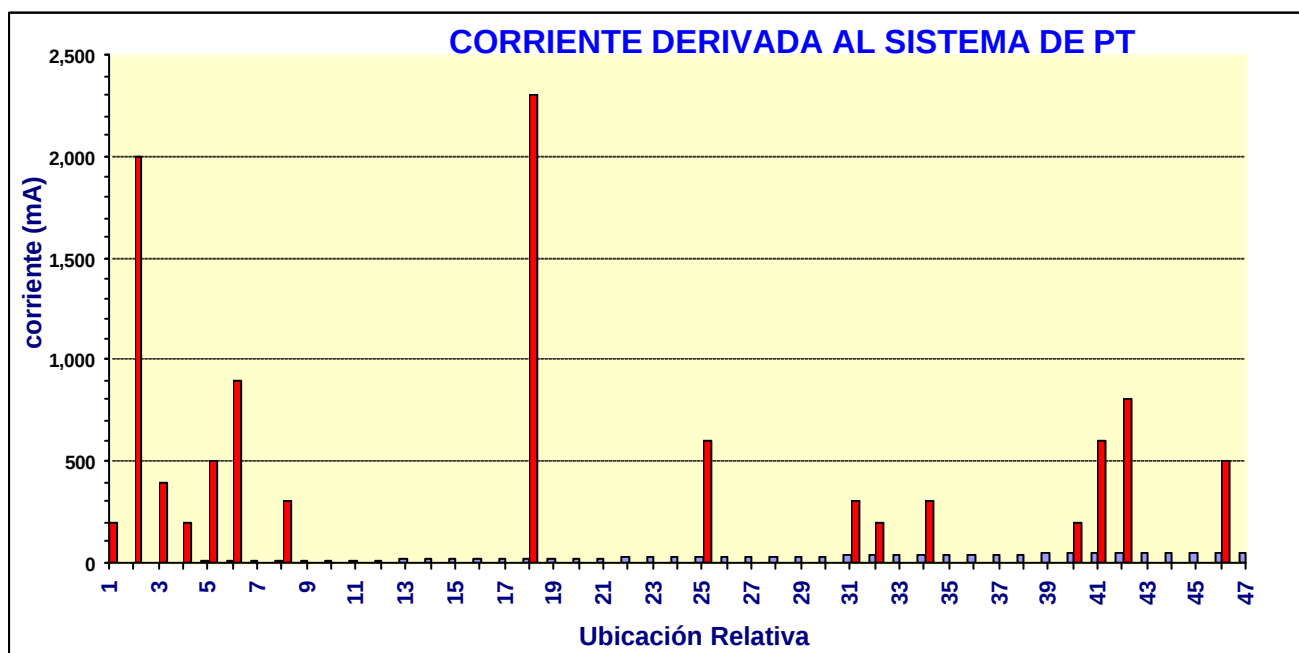
Las causas principales por las cuales no se logran valores mínimos de protección son: la atenuación (o caída) impuestas por las puestas a tierra y el efecto de apantallamiento provocado por instalaciones intermedias. Esta área, es la zona más alejada de la conexión catódica y el edificio de generadores posee la malla general de puesta a tierra y adicionalmente la individual de los generadores.

### Corrientes Derivadas a Tierra

Como dato característico de la instalación, se relevó la corriente derivada a los sistemas de puesta a tierra empleándose para la medición pinzas amperométricas de corriente continua.

Se relevaron 47 puntos de conexionado a tierra, siendo la sumatoria de todas las corrientes de 10.8 A. (representa solo una parte, y se hizo al solo efecto de determinar la distribución de corriente entre las diferentes áreas).

Figura 2.1 Relevamiento de corrientes derivadas a los sistemas de PT



Las corrientes derivadas presentaban una gran irregularidad en su distribución, lo que es propio de los diferentes parámetros que interactúan entre sí (apantallamiento, atenuación en cañerías y cables, características de la puesta a tierra zonal, etc.) lo que las hace difícil de predeterminar empíricamente.



planta al sistema de PT. Entonces se decidió utilizar el criterio ON y tomar un potencial extra que compense la caída  $I \times R$ .

Para este objetivo, se instalaron testigos o probetas en 4 lugares claves seleccionados previamente. Como principal característica las mismas permitían una fácil desconexión e independencia eléctrica del todo el resto del sistema y la medición segura de potenciales OFF. La instalación de estas probetas testigos posibilitó la aplicación segura de un potencial ON como control de protección.

Esto llevó a adoptar un nivel mínimo de protección de  $-1000$  mV ON, el cual de acuerdo a las mediciones realizadas permitía compensar cualquier error derivado de la caída  $I \times R$ .

Las mediciones de este potencial ON requirieron ser realizadas a una distancia máxima de 200 mm desde la ubicación del electrodo y la estructura a monitorear.

#### e) Interferencia con el Gasoducto

La corriente de protección causa un campo eléctrico de forma cónica a partir del ánodo. Esto resulta en una elevación del potencial del suelo por encima del potencial a tierra remota.

Esta situación fue detectada sobre la cañería exterior la cual se encontraba aislada eléctricamente de la planta, dando lugar a una situación conflictiva a partir de la influencia que el equipo rectificador de planta tenía sobre el caño fuera de planta.

Este fenómeno es común cuando manejamos corrientes de protección elevadas y los campos eléctricos a partir del dispersor. En este caso la modificación de los valores de potencial de la estructura aislada se daba a aproximadamente a 150 metros, que es la distancia entre el dispersor y la línea exterior.

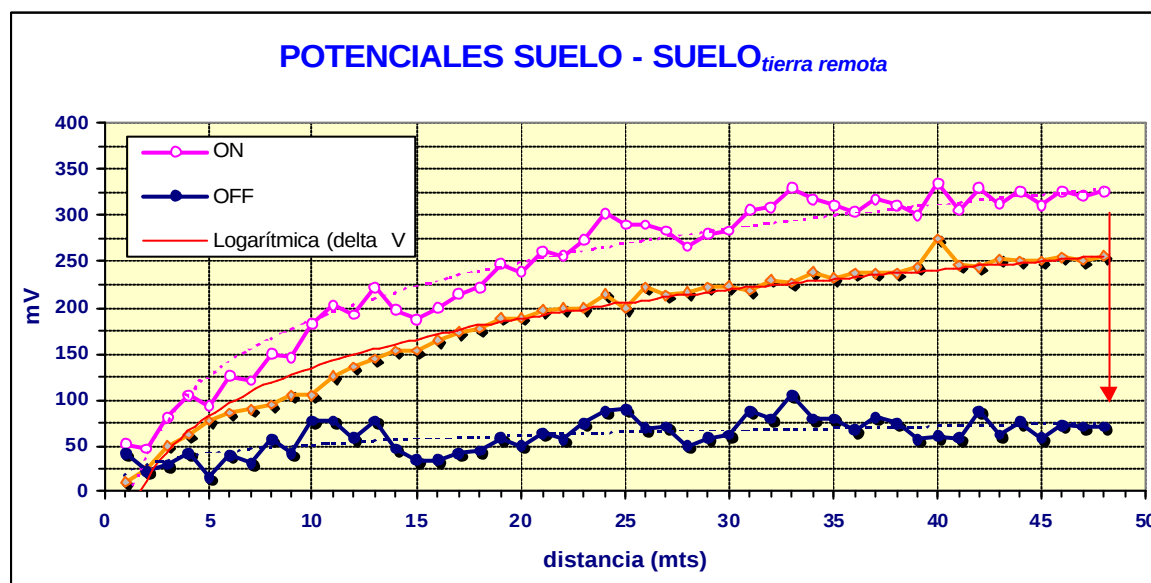


Fig. 2.4  
valores  
de  
potencial  
on-off  
medidos  
a tierra  
remota

\* Límite línea exterior- entrada planta (válvula de succión):

planta: on: -1489mV off: -693 mV  
gasoducto: on: -740 mV. off: -1006mV

\* Límite línea exterior - salida planta (válvula de descarga):

planta: on: -1489mV off: -693 mV  
gasoducto: on: -746 mV off: -1006mV

A los efectos de analizar el problema, se registró una medición de potenciales on-off suelo-suelo a partir de la línea, alejándonos de la planta en forma perpendicular al gasoducto. La medición se realizó cada metro, con el equipo de planta en on y en off. (los resultados se ilustran en el figura 2.3).

Normalmente los problemas de interferencia, se manifiestan sobre estructuras que están dentro de un radio no mayor de 100 metros de la fuente de corriente (dispersor). Sin embargo y debido a las características de esta planta, la interferencia se extiende mas allá de esa distancia.

#### **f) Replanteo del diseño de interconexión entre el sistema interno y externo**

A los efectos de minimizar este efecto se realizaron las siguientes tareas:

Se instaló en los dos puntos de aislación gasoducto - planta, un sistema de interconexión eléctrica conformada básicamente por un diodo / explosor / protección.

Esta instalación permitió:

- ✍ dotar de protección al sistema exterior desde el equipo rectificador de planta,
- ✍ compensar el efecto de interferencia, restituyendo los niveles de protección.
- ✍ establecer un sistema de protección unidireccional, es decir en caso de una eventual falla / salida de servicio del equipo de planta, el sistema exterior continúa viendo aislada la planta (en caso contrario, la baja resistencia que representa la planta para el sistema exterior a partir de sus puestas a tierra, llevaría a ésta a absorber una parte importante de su capacidad instalada en el sistema externo en detrimento del mismo).

La corriente derivada desde planta al gasoducto fue de 200 mAmperes en cada extremo, sin afectar la protección de las estructuras de planta. La conexión efectuada no es franca, sino que está limitada por la resistencia intrínseca del diodo.

#### **g) Eficiencia del Sistema de PC**

La superficie de cañería instalada se estimó en aprox. 3200 m<sup>2</sup>, correspondiéndole el 34.5% a la superficie de cañería enterrada (1100 m<sup>2</sup>), y un 65.5% a la superficie de la cañería aérea (2100 m<sup>2</sup>). .

Esta estimación no contempla otras estructuras que no sean las cañerías.

Teniendo en cuenta una resistencia de cobertura de 50.000 ohm x m<sup>2</sup> la resistencia teórica cañería - suelo para la parte enterrada es:

$$50000 \text{ (ohm} \times \text{m}^2) / 1100 \text{ (m}^2) = 45 \text{ ohm}$$

La corriente de protección teórica para proteger solo las cañerías, teniendo en cuenta 20 mA/m<sup>2</sup> es:

$$20 \text{ mA/m}^2 \times 1100 \text{ m}^2 \times (1\text{-eficiencia}) \times 1.3 = 2.86 \text{ A}$$

Cabe aclarar que estamos tomando un valor importante de cañería expuesta debido a que los sistemas de configuración compleja poseen muchos accesorios, en los cuales muchos de ellos son revestidos y/o reparados manualmente (se tomó un valor estadístico de eficiencia global del 90%).

Por otra parte la corriente de protección teórica que es absorbida por la malla de puesta a tierra es:

$$(*) 35 \text{ A} - 2,86 \text{ A} = 32,14 \text{ A}$$

(\*) 35 A :es la *corriente total suministrada por el equipo instalado en planta*

Lo que le otorga un valor de eficiencia al sistema de PC (% corriente de protección de la cañería/corriente total) de 8,17 %

## **6. CONCLUSIONES**

**Cuando se diseñen sistemas de protección catódica por corriente impresa, en el caso de geometrías complejas a partir de una alta congestión de cañerías, con una distribución aleatoria de las mismas (aéreas y enterradas) y de puestas a tierra (mallas, fundaciones, etc.), debe tenerse en cuenta y evaluarse las ventajas y desventajas de cada concepción.**

**Los sistemas de protección catódica, integralmente interconectados o divididos a través de aislaciones sectoriales, presentan diferentes alternativas de construcción, operación y**

**mantenimiento. Se debe considerar fundamentalmente la relación cañería enterrada/cañería total instalada.**

- ✍ **De acuerdo a la experiencia recogida, no se recomienda emplear sistemas de protección catódica por corriente impresa integrales cuando el porcentaje de cañería enterrada sea inferior al 30% del total (aprox. 1/3), promoviéndose en estos casos la protección catódica sectorial (dividida) a través del empleo de material galvánico. También debe considerarse la complejidad de las aislaciones en sistemas muy subdivididos.**
- ✍ **Cuando se empleen sistemas de protección catódica por corriente impresa integrados es recomendable el empleo de rectificadores con salidas múltiples con control, automático o manual, un dispensor profundo principal complementado con dispensores distribuidos, para lograr un mayor control de cada sector de protección y una mayor eficacia en la utilización de la corriente de protección (la cantidad de los mismos dependerá del área de influencia alrededor de cada uno) . Esto podrá hacerse extensivo también en los casos de protección dividida. El dispensor profundo mantendrá una distancia mínima de 30 metros o más desde su zona activa y cualquier punto de la malla de puesta a tierra a fin de evitar efectos localizados de protección.**
- ✍ **La conductividad del terreno es un factor determinante en el diseño de sistemas de puestas a tierra y tiene un peso importante cuando se emplean diseños integrales de protección. En el caso de resistividades  $< 1000 \text{ ohm} \times \text{cm}^2$  deberá tratarse de emplear sistemas divididos ya que los altos valores de corriente absorbidos por las puestas a tierra comprometen el sistema de protección.**
- ✍ **Debe tenerse especial cuidado al considerar los valores de potencial medidos dentro de campos eléctricos, provocados por dispensores únicos, ya que el potencial del terreno se verá alterado independientemente de las estructuras extrañas dentro del mismo. Este efecto se acentúa en lugares donde co-existan configuraciones complejas de estructuras enterradas y suelos de alta conductividad. Se recomienda el uso de cupones para la medición de potenciales OFF y al mismo tiempo la magnitud de las caídas  $I \times R$  presentes y su desafectación de las lecturas.**

## **REFERENCIAS**

1. **Roger Alexander “Cathodic Protection”, paper (1999)**
2. **T.J.Barlo”Fiels Testing the Criteria for Cathodic Protection “ AGA PRCI Project PR-151-163 (1987)**
3. **J.M.Morgan, Cathodic P(rotection, 2<sup>nd</sup> Ed.(1987)**
4. **W. Baeckmann, A.Baltest and W. Prince “New Developments in Measuring the Effectiveness of Cathodic Protection”, paper (1993).**

## **AUTORES**

**Walter Müller**

\* Egresado de ENET N° 7 - Dn. José de San Martín, en 1959 con el título de Electrotécnico. Ingresó en GAS DEL ESTADO en 1961, donde adquirió una sólida experiencia en la especialidad de anticorrosión. Ocupó la Jefatura del Sector Protección Anticorrosiva y a la fecha de la privatización de la Empresa ejercía la Jefatura del Departamento de Inspecciones en la Gerencia de Higiene y Seguridad Industrial.

- \* Tomó importantes Cursos de la especialidad de Corrosión entre los que se destacan el del Centro Argentino de Estudios de la Corrosión, Cursos de Corrosión de la N.A.C.E., Escuela de Post-grado en Metalurgia de la Universidad de Buenos Aires, Universidad de Oklahoma (USA), Comisión Nacional de Energía Atómica y otros.
- \* Tras una breve incursión en la Distribuidora GAS NATURAL B.A.N. en 1993, en donde se desempeñó como Responsable de Protección Anticorrosiva, ingresó en SUPERLLOY S.A. como Gerente del Dpto. de Corrosión hasta 1998 y desde 1999 y hasta la fecha, cumple las funciones de Responsable de las actividades de Protección Anticorrosiva en METROGAS S.A
- \* Miembro de la Comisión de Corrosión del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas desde 1970 y Presidente de la misma entre 1984 y 1997. Presidió los Congresos de la Especialidad auspiciados por esa Entidad en 1990; 1993 y 1997.
- \* Miembro fundador de la Asociación Argentina de Corrosión en 1978.
- \* Miembro de la NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS ( NACE ) desde 1979 y cofundador de la Sección Argentina de esa Entidad en 1985, ejerciendo su Presidencia hasta 1993.
- \* Creador de diversas especificaciones y normas sobre la especialidad de corrosión, como también del Curso de Protección Anticorrosiva para los programas de Capacitación Interna de Gas del Estado, autor del apunte original e Instructor del Curso en sus distintos niveles, con 25 ediciones entre 1972 y 1978.
- \* Dictó cursos de Anticorrosión en el Instituto Argentino del Petróleo, Centro Argentino de Ingenieros, Asociación Argentina de Corrosión, Instituto Superior de Estudios Energéticos, Universidad de Buenos Aires (Post-grados de Metalurgia e Ingeniería del Petróleo), Universidad del Centro de la Prov. de Buenos Aires, ENET N° 1 de Azul, Distribuidoras de Gas Centro y Cuyo y, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, en la Universidad para la Paz de San José de Costa Rica, dependiente de las Naciones Unidas.
- \* Ejerció la Dirección Técnica de diversas obras de protección anticorrosiva ejecutadas para GAS NATURAL B.A.N., CAMUZZI GAS PAMPEANA, CONSERVAR S.A., PARENTI Y MAI S.A., TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR S.A., GASNOR S.A. y METROGAS S.A.-

#### Ricardo Dovico

- \* Ingeniero Electromecánico con sólida experiencia en las áreas de Explotación, Almacenamiento, Transporte y Distribución de Hidrocarburos.
  - \* Su experiencia abarca mas de 20 años en el desarrollo e implementación de Programas de Mantenimiento, monitoreo interno (In Line Inspection), re acondicionamiento mecánico de ductos, análisis de fallas, protección catódica y recoating. Desarrolló también Programas de Análisis de Riesgos y evaluación de alternativas, actuando como consultor Técnico en temas específicos del area dentro y fuera del país.
  - \* Es miembro de la National Association of Corrosion Engineer (NACE) desde 1993, Socio fundador, ex Vicepresidente y actual Miembro de la Comisión Directiva de la Asociación Argentina de Corrosión (AAC ) desde 1987, estando a cargo de la Comisión de Protección Catódica. Ex Miembro del AGA (America Gas Asociaton), en la *Comisión de Corrosión (CORR)* y la *Comisión de Ensayos No Destructivos (NDT)* y Ex miembro directivo del CIGRE (Comisión Internacional de Grandes Redes Eléctricas), responsable del grupo Latinoamericano para el estudio, normalización y recomendaciones sobre interferencia de Líneas de A.T. sobre ductos y demás estructuras metálicas cercanas, su medición y tratamiento.
- Como parte de su actividad ha dado cursos o conferencias de formación en distintas organizaciones, y empresas dentro y fuera del país, presentando también diversos trabajos en congresos internacionales. Las siguientes son algunas de sus participaciones :

Petróleo Mexicano, Asociación Británica de Ingenieros, 1<sup>st</sup> International Pipeline Conference, Asociación Argentina de Corrosión, 4º Congreso Íbero Americano de Corrosión y Protección, Universidad Católica, Centro Argentino de Ingenieros., Universidad Nacional de Córdoba, UBA., IAPG, Universidad Tecnológica Nacional, ASTRA, YPF, Universidad del Comahue, etc.

Es autor de cursos sobre tareas específicas de mantenimiento, habiendo también publicado diversos artículos técnicos en revistas especializadas sobre la materia.

#### Rafael Crouzeilles

- \* Egresado de ENET N° 12 – Libertador San Martín, con el título de Electrotécnico.
- \* En el año 1975 ingresó a YPF revistando en el área de exploración como calculista.
- \* Entre los años 1975 y 1978 ingresó en el Departamento de Vías y Obras del Ferrocarril Gral. Belgrano, desarrollando tareas técnicas, en la división señalamiento y telecomunicaciones.
- \* Entre los años 1978 y 1992 se desempeñó en Gas Del Estado, en el sector Protección Anticorrosiva, en donde adquirió la especialización. A la fecha de la privatización de la Empresa ejercía el cargo de Jefe de mantenimiento de la protección catódica de los gasoductos troncales.
- \* Entre los años 1992 y 1995 se desempeñó en forma independiente alternando la ejecución de montajes electromecánicos industriales con tareas de la especialidad.
- \* Desde el año 1995 a la fecha se ha desempeñado en la empresa Arcan Ing. y Const. en el departamento de Integridad de Instalaciones.

Durante su desarrollo adquirió experiencia en :

- \* Análisis de revestimientos en campo y en laboratorio. Recoating
- \* Diseño, proyecto e instalación de sistemas de protección catódica.
- \* Implementación de programas de mantenimiento preventivo/correctivo de revestimientos y protección catódica.
- \* Análisis de fallas mecánicas y evaluación de defectos en cañerías.
- \* Evaluación de riesgos en gasoductos.
- \* Investigación de incidentes/accidentes en gasoductos.