

Protección catódica de acumuladores de ACS mayores de 750 litros

Adrià Gomila Vinent

Ingeniero industrial y director de Guldager Electrolisis S.A.

El agua caliente sanitaria es una necesidad fundamental en la sociedad actual, para cuya producción es frecuente la utilización de acumuladores de ACS, principalmente en las instalaciones grandes. Últimamente es obligatoria en muchos casos la producción del agua caliente mediante energía solar térmica, lo que suele ser otro motivo para la instalación de grandes acumuladores de ACS. Por otra parte, por razones energéticas o por el tipo de edificio, muchos proyectistas prefieren las instalaciones centralizadas en las que es interesante la utilización de acumuladores grandes.

Tradicionalmente los acumuladores de ACS de acero se han equipado con un revestimiento interior y en los últimos años la mayoría incorpora un sistema de protección catódica, aunque con ello no siempre se evitan los fenómenos de corrosión del depósito. A los factores clásicos que propician la corrosión de los depósitos como son

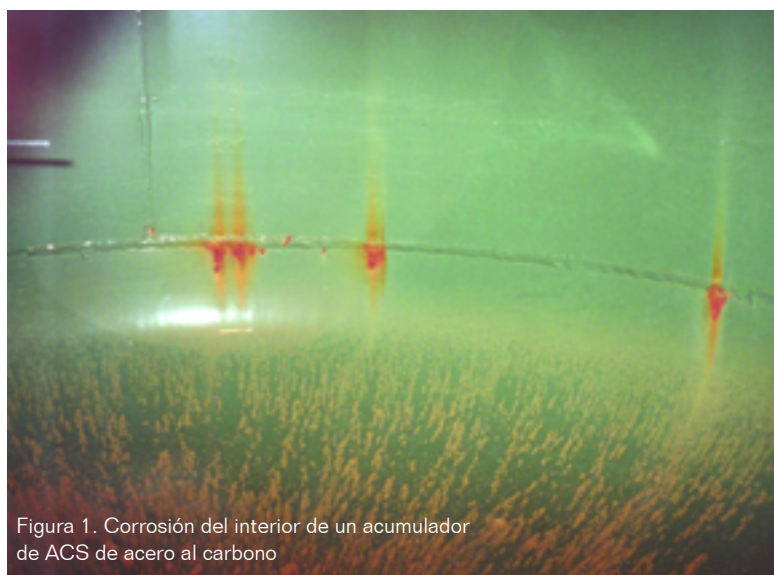


Figura 1. Corrosión del interior de un acumulador de ACS de acero al carbono

las características agresivas del agua, las exigencias de consumo y las influencias de los materiales de las tuberías y de los acumuladores, se han añadido últimamente las acciones emprendidas para el control de la legionella. En efecto, son frecuentes los choques térmicos a temperaturas elevadas y la utilización de produc-



Figura 2. Corrosión de un acumulador de ACS de acero inoxidable

tos de desinfección como la hipercloración, lo que compromete la eficacia de los revestimientos interiores, propicia los fenómenos de corrosión y dificulta la protección catódica.

Por otra parte, las condiciones anteriores pueden provocar también la corrosión de muchos acumuladores de acero inoxidable, pues la combinación de contenidos elevados de cloruros en el agua y temperaturas importantes propicia la corrosión por picaduras.

Ello es particularmente grave a causa del elevado coste de los depósitos de acero inoxidable, por lo que es claro el interés en lograr una protección catódica fiable de los acumuladores de acero al carbono revestidos, que garantice su protección contra la corrosión.

Cuando existen riesgos de corrosión para los acumuladores de acero inoxidable, entendemos que es preferible especificar acumuladores de acero al carbono con un revestimiento interior y una protección catódica adecuada, en vez de instalar una protección catódica en los depósitos de inoxidable.

CORROSIÓN Y PROTECCIÓN CATÓDICA

La corrosión es un fenómeno natural por el que un metal o aleación es destruido y pierde sus características.

La naturaleza de la corrosión es casi siempre la misma: un flujo de electricidad a través de un fluido conductor desde ciertas áreas que son atacadas (ánodos) hacia otras áreas que no su-

fren corrosión (cátodos). La protección catódica de un acumulador de agua caliente se consigue cuando en toda la superficie interior del mismo en la que existen defectos del revestimiento, se producen reacciones catódicas, por lo que no existen reacciones anódicas en ningún punto.

Las reacciones catódicas, con las que no se produce corrosión, se logran cuando toda la superficie interior recibe suficiente corriente continua, procedente de los ánodos que se instalan dentro del depósito.

La norma UNE-EN 12499 "Protección catódica interna" detalla las condiciones exigidas para una protección catódica segura y eficaz.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUMULADORES

Para que un sistema de protección catódica sea eficaz es preciso que el acumulador reúna unas determinadas características de tipo geométrico que, aunque son evidentes para los iniciados, conviene destacar. Estas condiciones se reflejan en la norma UNE 112076 "Prevención de la corrosión en circuitos de agua"

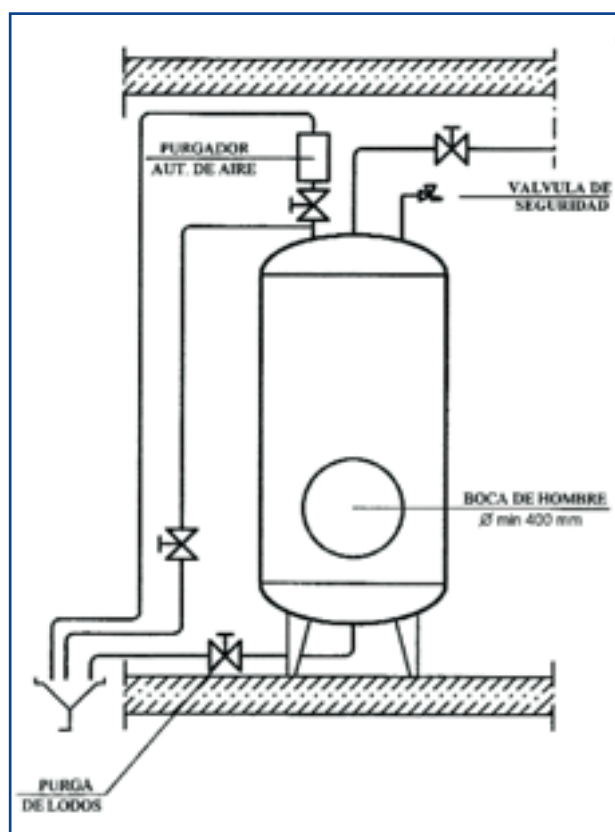


Figura 3. Acumulador preparado según UNE 112076

En primer lugar, es preciso evitar la existencia de "sombras" y apantallamientos para lograr una buena distribución de corriente. En el caso que nos ocupa, la parte conflictiva puede ser, si existe, el intercambiador de calor, cuya geometría debe adaptarse a unos requerimientos determinados.

No obstante este caso es cada vez menos frecuente al optarse por depósitos vacíos con intercambiadores exteriores para facilitar las operaciones de limpieza, siguiendo las recomendaciones de las normas de prevención de legionella.

Ello queda claro tanto en la norma UNE 100030 como en el Real Decreto 865/03, así como en la Guía Técnica presentada por el Ministerio de Sanidad en julio de 2006 y colgada en su web en marzo de 2007.

Otra condición, para lograr una protección catódica correcta de los manguitos de entrada y salida es que éstos sean cortos, no superando su longitud 1.5 veces su diámetro.

Asimismo, para lograr una eliminación correcta de los gases producidos, bien por las reacciones anódicas o catódicas, bien por el propio calentamiento, debe preverse la instalación de un purgador automático de gases fiable. Para que éste sea realmente eficaz, el tubo de salida de agua caliente deberá penetrar en el interior del acumulador unos 3 cm, de modo que en la parte superior del depósito quede una bolsa de aire, en la que se acumularán los gases que posteriormente serán evacuados por el purgador.

Otro factor importante es la necesidad de disponer de una boca de entrada que, en función de las dimensiones del acumulador, permita acceder a su interior para montar los ánodos y proceder a inspecciones y limpiezas periódicas del mismo. Es fundamental facilitar al máximo estas revisiones ubicando la boca de forma correcta y evitando cualquier obstáculo a la misma. La boca de hombre debe tener un diámetro mínimo de 400 mm y estar situada en uno de los laterales del depósito, cerca del suelo y libre de tubos y accesorios.

Una última consideración a realizar es la conveniencia de montar una purga de lodos efectiva que, aunque en muchos casos no sea estrictamente necesaria para realizar protección catódica, permita limpiar el acumulador.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Las características del agua pueden variar enormemente según las zonas geográficas. En efecto, es frecuente encontrar resistividades del agua de 150 a 500 $\Omega \times \text{cm}$ en zonas turísticas costeras con aguas muy mineralizadas, y de 20.000 a 30.000 $\Omega \times \text{cm}$ en zonas con aguas blandas. En aguas procedentes de potabilizadoras en las que no se realice correctamente el tratamiento posterior de remineralización, las resistividades pueden ser aún mayores.

Las otras características a considerar, como contenidos en sales, pH y alcalinidad, varían de unas aguas a otras, como es fácil comprender a la vista de las distintas resistividades medidas.

Por otra parte, es frecuente que en una misma instalación y según sea la época del año, las características del agua sufran grandes variaciones debido a que la gran demanda y la poca disponibilidad provocan la salinización de los acuíferos.

Como detalle final en este sentido, es preciso señalar que en ciertas ciudades existen suministros de distinta calidad, por lo que algunas instalaciones reciben aguas diferentes según los días del mes o incluso según las horas del día.

VARIACIONES A CAUSA DEL FUNCIONAMIENTO

Las condiciones de calentamiento y consumo del agua provocan variaciones importantes que afectan a la protección catódica. Es de todos conocida la variación que los cambios de temperatura provocan en la resistividad: se considera que al pasar aquella de 15° C a 60° C, ésta se reduce a la mitad.

La estratificación de temperaturas en el interior de un acumulador hace que entre la parte superior del mismo y la inferior existan diferencias considerables, que conllevan importantes variaciones de la resistividad. Además, es preciso tener en cuenta que si en las horas punta de consumo esta estratificación es importante, en las de consumo nulo es prácticamente inexistente, lo que a su vez modifica las condiciones.

Esta misma falta de homogeneidad en los consumos de agua tiene una gran incidencia en

los contenidos de oxígeno y, por lo tanto, en la despolarización catódica. En efecto, cuando no hay consumo el contenido de gases del agua disminuye a causa de la elevación de la temperatura y la consiguiente variación de la solubilidad, hecho que puede verse favorecido por una sobreprotección catódica provocada por un sistema deficientemente controlado. Por el contrario, en los momentos de consumo punta existe un cierto enfriamiento y un aporte considerable de agua saturada de oxígeno.

PRESENCIA DE COBRE EN LA INSTALACIÓN

Cuando los acumuladores alimentan a redes de tuberías de cobre con recirculación, ello provoca la existencia de iones de cobre en el agua, que precipitan en las zonas catódicas en forma de cobre metálico, dando lugar a importantes pilas galvánicas de corrosión.

Evidentemente la existencia de potenciales mixtos Cu/Fe incide a la hora de determinar la densidad de corriente necesaria y el criterio de protección catódica a adoptar.

FIABILIDAD DEL REVESTIMIENTO

Existe desde siempre una preocupación de los fabricantes de acumuladores para lograr un revestimiento interior de los acumuladores muy fiable, lo que no es fácil de conseguir. En efecto, las condiciones de trabajo citadas anteriormente, y en particular los choques térmicos y los sistemas de desinfección, hacen difícil garantizar que no se producirán fallos en el revestimiento a lo largo de la vida útil del acumulador. La norma UNE 112076 admite tres tipos de revestimientos para los depósitos de agua caliente: los vitrificados, las pinturas epoxy y el galvanizado en caliente.

Los vitrificados exigen introducir el depósito en un horno, por lo que suelen aplicarse tan solo en depósitos pequeños. Los depósitos vitrificados incorporan toda protección catódica, aunque por su reducido tamaño la responsabilidad de la protección catódica queda exclusivamente para el fabricante del acumulador.

Los revestimientos a base de pinturas epoxy pueden sufrir despegues importantes,

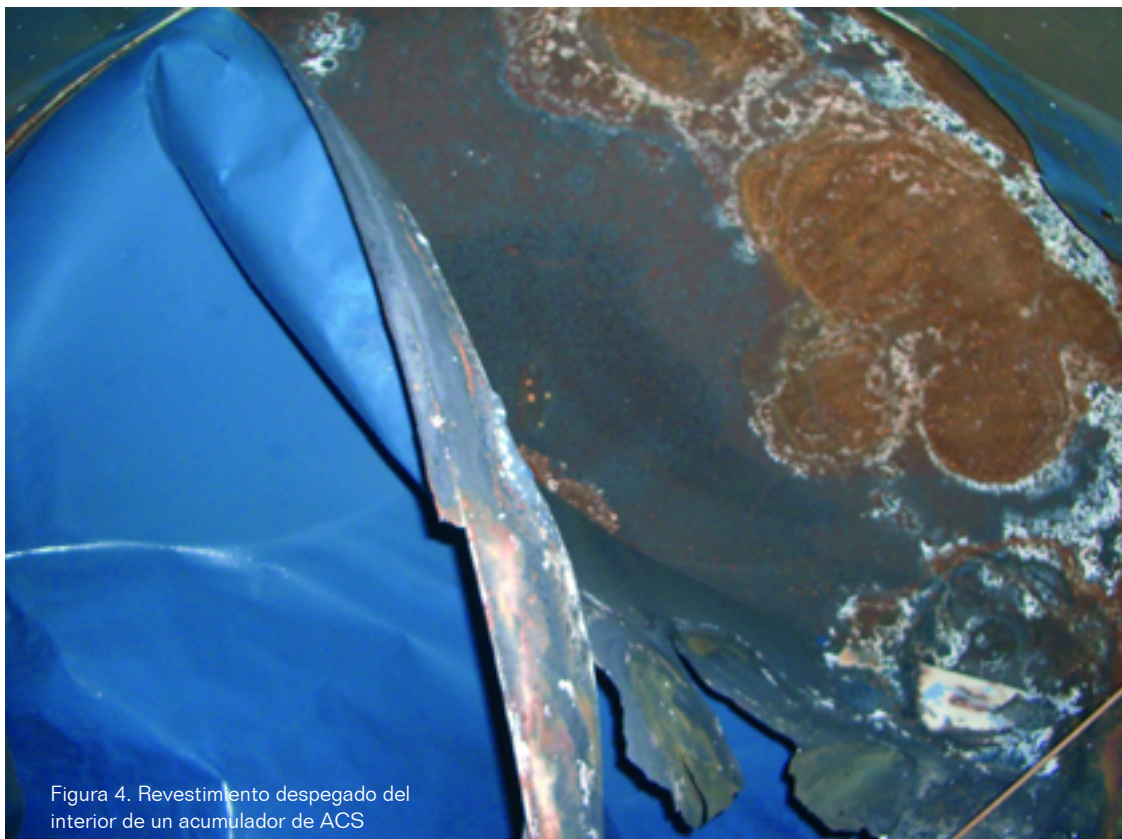


Figura 4. Revestimiento despegado del interior de un acumulador de ACS

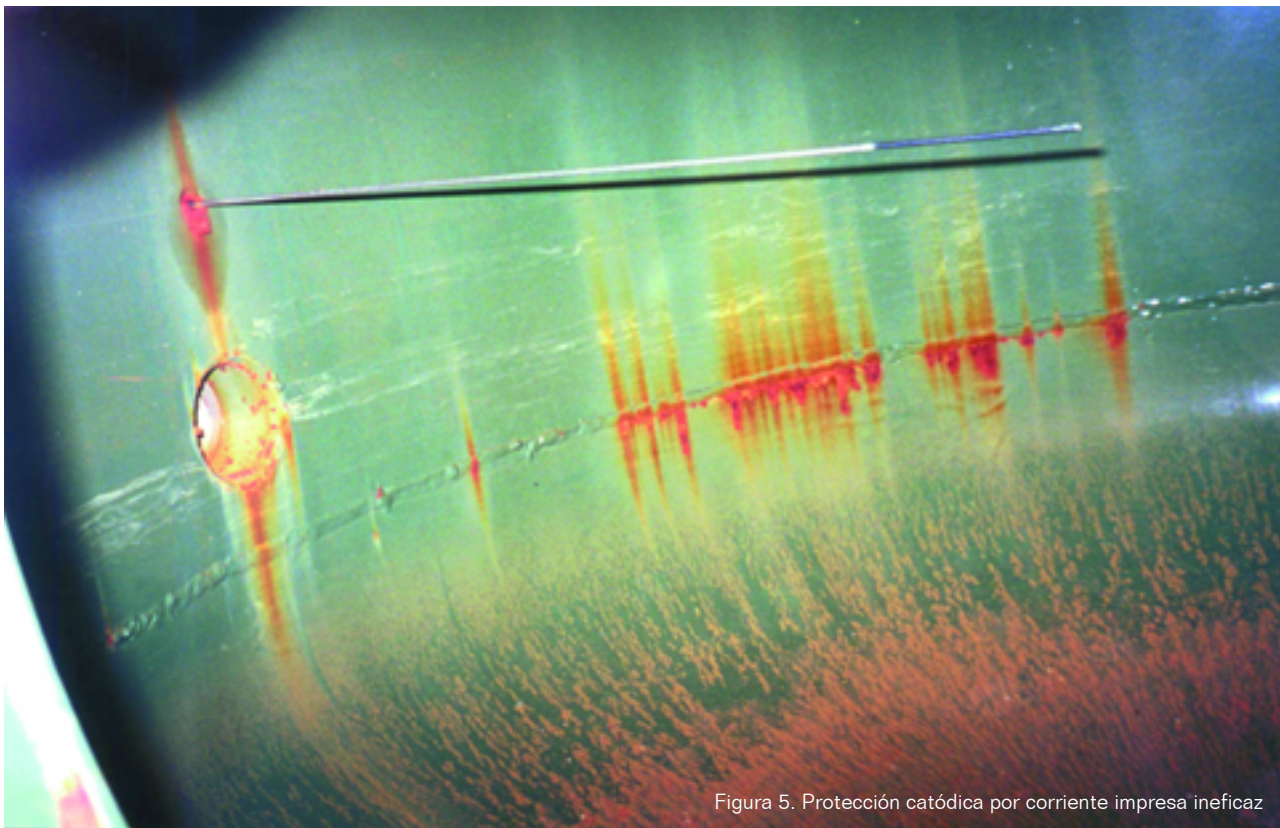


Figura 5. Protección catódica por corriente impresa ineficaz

por lo que si los sistemas de protección catódica no son muy eficientes y diseñados teniendo en cuenta el posible comportamiento de la pintura, suelen fracasar.

El galvanizado en caliente tiene la garantía de no despegarse, aunque la posible inversión de la polaridad del zinc respecto al hierro y la baja resistencia específica del revestimiento, exige densidades de corriente de la protección catódica más importantes.

PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO

Las aleaciones normalmente utilizadas, con ánodos de sacrificio a base de ánodos de magnesio, tienen una salida de corriente que depende de modo importante de las características del agua, por lo que no es posible el control del sistema. Ello hace que en muchos casos no se consiga la protección correcta del depósito.

La vida de los ánodos depende de sus características y de la corriente que sacan, por lo que es impredecible saber si deben cambiarse los ánodos al cabo de cinco años, o por el contrario

antes de un año se han consumido. Por lo citado anteriormente, se entiende que un sistema de ánodos de sacrificio no permite ninguna garantía de protección contra la corrosión de los acumuladores de ACS.

PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA Y "SISTEMAS STANDARD"

En un sistema de protección catódica por corriente impresa podemos seleccionar la intensidad de trabajo y controlar la vida de los ánodos con lo que se resuelven buena parte de los problemas planteados por los ánodos de sacrificio.

La mayoría de fabricantes de acumuladores de ACS incorporan "sistemas standard" de protección catódica por corriente impresa, que aunque estén formados por equipos de gran calidad en algunos casos, presentan ciertos riesgos de no alcanzar una protección correcta en determinadas circunstancias.

No obstante hay una serie de detalles de los "sistemas standard" que han provocado problemas de funcionamiento en algunos casos, sobre

todo en instalaciones en las que hay tubos de cobre o en las que se producen fallos importantes en el revestimiento. Si hay cobre disuelto en el agua, los iones precipitan en forma metálica sobre el cátodo, dando lugar a una serie de fenómenos característicos. En primer lugar, las zonas catódicas en las que se ha depositado cobre exigen densidades de corriente mayores para proteger el acero. Además, y suponiendo la existencia de un electrodo de referencia, este mide potenciales mixtos cobre-hierro, cada vez más influenciados por el cobre metálico depositado. En las fases de consumo importante de agua, la gran presencia de O_2 despolariza el cátodo, haciendo precisas densidades de corriente considerables.

Si se producen fallos de cierta importancia en el revestimiento, las necesidades de corriente también varían de forma importante. En la actualidad es difícil que no falle el revestimiento a lo largo de la vida útil del depósito.

En general los "sistemas standard" pueden funcionar bien en depósitos de un volumen hasta 750 litros aunque para depósitos grandes, al no cumplir la norma UNE-EN 12499, pueden presentar las siguientes dificultades:

- ▶ El diseño standard no ha previsto las condiciones reales de trabajo.
- ▶ El diseño de ánodos no asegura una distribución de corriente uniforme en todo el depósito.
- ▶ El rectificador no puede suministrar la corriente necesaria.
- ▶ Al no existir una puesta en marcha y seguimiento por personal especializado en protección catódica, no se pueden corregir las anomalías.

PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA SEGÚN UNE-EN 12499

Desde hace muchos años se están instalando sistemas de protección catódica eficaces que no presentan las limitaciones de los "sistemas standard" citados anteriormente. Estos sistemas, con una probada eficacia, son recogidos por la

norma UNE-EN 12499 "Protección catódica interna", y son los que se deben aplicar para depósitos grandes.

La norma UNE-EN 12499 exige los siguientes puntos para la protección catódica de acumuladores de agua caliente mayores de 750 litros.

- ▶ Exigencia de una boca de hombre adecuada para acceder fácilmente al interior del depósito.
- ▶ Posibilidad de eliminar de forma correcta los gases del interior del acumulador.
- ▶ Manguitos cortos, de dimensiones que permitan su protección.
- ▶ Diseño de ánodos que garantice una distribución de corriente uniforme.
- ▶ Rectificador con una capacidad suficiente.
- ▶ Puesta en marcha y mantenimiento adecuados.

El aspecto más importante para la automatización del sistema de protección es disponer de un electrodo de referencia fiable ante condiciones de velocidad variable del agua, temperaturas elevadas y diversos contenidos en cloruros.

Los electrodos de referencia utilizados son del tipo plata / cloruro de plata especialmente fabricados para esta aplicación, en los que se encierra una superficie de plata clorurada en un electrolito inmóvil saturado de cloruro de plata, que se mantiene en contacto con el agua a través de unos pequeños canales. Con ello se consigue un método muy estable frente a las variaciones de velocidad y de composición del medio.

Las débiles concentraciones de iones implicados en el sistema electroquímico de referencia hacen que las intensidades que circulan por el electrodo sean mínimas, por lo que deben utilizarse sistemas de medida con amplificadores de elevada impedancia interna. La diferencia de potencial entre el electrodo y la interfase de la pared del acumulador comprende, como es sabido, las polarizaciones por actividad y concentración, y la caída óhmica a través del líquido, que depende a su vez de la intensidad, de la resisti-

vidad del líquido y de la posición del electrodo de referencia respecto al ánodo y al cátodo.

Para eliminar la influencia de esta caída óhmica se puede recurrir a realizar medidas de potencial tras desconectar el sistema, a situar varios electrodos, o bien a corregir este factor en el momento de la puesta en marcha mediante un ajuste adecuado de los equipos de control.

Al disponer de un sistema que mantiene un nivel de protección estable, se superan todos los problemas anteriores de insuficiente protección o sobreprotección según los casos.

Si además el equipo se instala con un diseño adecuado, se puede asegurar una vida de ánodos suficiente, del orden de los diez años, debiendo tan sólo verificar el correcto funcionamiento del sistema de protección catódica y regularmente abrir el depósito y comprobar el estado del mismo, así como de los elementos de la protección como son los ánodos, soportes, electrodos, etc.

Esta inspección es interesante realizarla aprovechando las operaciones de limpieza y desinfección de los acumuladores que debe realizarse para prevenir la proliferación de la legionella.

CONCLUSIÓN

La protección catódica de acumuladores de ACS con ánodos de sacrificio sólo es eficaz en condiciones muy especiales y no es práctica para grandes acumuladores.

La protección catódica más adecuada para los grandes acumuladores de ACS es mediante un sistema automático de corriente impresa diseñado, instalado, puesto en marcha y mantenido correctamente según la norma UNE-EN 12499, técnica utilizada por Guldager desde hace más de veinte años.

Con este sistema pueden darse garantías iniciales de diez años contra la corrosión de los depósitos, que se pueden prolongar mediante la sustitución de los ánodos cuando ésta sea necesaria. ■