

## INHIBICION DE LA CORROSION

### PARTE B: Aspectos prácticos. Fenomenología de la inhibición en medios ácido y neutro

F. Räuchle y M. I. Díaz\*

Después de haber tratado la teoría de los inhibidores de corrosión en la **Parte A** de este artículo,\*\* nos ocupamos ahora de la *parte práctica de la prevención de la corrosión mediante inhibidores*.

Los inhibidores de corrosión cubren un rango muy amplio de tipos de moléculas o iones. La especificidad de acción de estos inhibidores permite seleccionar el tipo apropiado para cada caso particular.

Muchas veces se recurre a mezclas de inhibidores para aprovechar un posible *efecto sinérgico*, pero también en la formulación de una mezcla aparece un biocida o un preventor de capas de depósitos.

En este punto hay que destacar la diferencia entre un **inhibidor de corrosión** y lo que significa **inhibirla** simplemente **con reactivos químicos**. En el último caso, la función de los reactivos es únicamente rebajar la corrosividad del medio. Tres ejemplos ilustran esta distinción.

La adición de hidróxidos o carbonatos para subir el valor del pH del agua reduce la corrosión de hierro (pero no la del Al o Zn). La presencia de sulfitos,

---

\* PUCP, Departamento de Ciencia, Sección Química

\*\* Parte A: Revista de Química, PUCP, 3, 221-232

catalizados con una pequeña adición de sales de cobalto o hidracina en el medio agresivo acuoso, disminuye la corrosión a causa de la dificultad de que se realice la reducción catódica del elemento.

Finalmente, mencionamos la neutralización de los vapores ácidos de las cabezas de las columnas de destilación en la refinación del petróleo mediante amoníaco o morfolina.

*¿Cuál es entonces la diferencia entre utilizar un inhibidor de corrosión e inhibirla con productos químicos?*

Radica en que, en la aplicación de los inhibidores se emplean concentraciones en el rango de ppm, no calculables teóricamente. En la otra alternativa se utilizan cantidades estequiométricas, calculables en base a las ecuaciones químicas correspondientes.

Como la duración del efecto inhibidor de una sustancia varía entre unos pocos minutos (lo que tarda un decapado) y años (en el caso de la conservación de un radiador), **la constitución molecular de un inhibidor es importante**. Moléculas complejas pueden sufrir cambios químicos secundarios y perder así su efecto inhibidor. Sin embargo, en algunos casos, estos cambios favorecen la inhibición.\*\* También el **grado de limpieza** de una superficie metálica influye mucho en la eficiencia de un inhibidor, igual que la presencia de iones “agresivos” como cloruros, sulfatos o nitratos.

Naturalmente, la coacción de microorganismos con sus segregaciones vitales puede impedir la función correcta de un inhibidor.

## INHIBIDORES PARA SOLUCIONES ACIDAS

Las condiciones para inhibir la corrosión en ambientes ácidos difieren de las de medios básicos porque habitualmente el tiempo de exposición es más corto (decapado, limpieza de superficies metálicas).

Las moléculas orgánicas más eficientes como inhibidores son las que exhiben una cadena de hidrocarburos con un *extremo polar*, que usualmente consiste en un átomo de nitrógeno, azufre u oxígeno. Una alta densidad electrónica favorece la interacción del inhibidor con la superficie metálica.\*\* Generalizando, se puede afirmar que en un decapado con ácido sulfúrico se usa un inhibidor “sulfurado”, y en uno con ácido clorhídrico se emplea un inhibidor “nitrogenado”. Algunos ejemplos para estos dos casos son:

- tiourea (y sus derivados),
- sulfóxido de bencilo,
- y tiosemicarbazida, para el primer caso:
- aminas primarias de cadena larga ( $C_8 - C_{12}$ ).
- hexametenimina,
- y compuestos heterocíclicos del tipo triazol, para el otro caso.

Resulta curioso el hecho que **los iones haluro mejoran sustancialmente el efecto inhibitor de las moléculas nitrogenadas**; concretamente, el yoduro acrecienta la acción de la fenilúrea, y el cloruro la de la quinolina, por ejemplo.

No se entiende aún la eficiencia de compuestos cuaternarios de amonio en función de la disponibilidad de pares electrónicos. Estos compuestos, del tipo bromuro de amonio sustituido, son más "inhibidores" que las aminas primarias, secundarias o terciarias correspondientes.

#### *Inhibidores para el decapado de acero*

El acero que después será pintado, esmaltado, galvanizado, plaqueado, fosfatizado o trabajado en frío, debe mostrar una superficie limpia de sales o de películas de óxido.

**El sistema ácido ataca y disuelve el óxido.** Una vez disuelta esta capa, el ácido queda libre para el ataque sobre el metal, lo cual significaría una pérdida indeseada de metal y de ácido. Son justamente estos dos efectos los que son bloqueados trabajando con inhibidores de corrosión.

La reducción de vapores por una menor liberación de hidrógeno, que es el que los arrastra, es otro efecto beneficioso secundario causado por el inhibidor.

La **selección de un inhibidor apropiado** para lograr un buen decapado depende de varios factores, como son:

- naturaleza del metal
- naturaleza del recubrimiento del metal
- tipo de ácido a utilizar
- concentración de dicho ácido
- temperatura del baño ácido

No entraremos en consideraciones “extratécnicas”, tales como costos, problemas de seguridad sanitaria y ecológicos.

Si se usa ácido clorhídrico por la alta solubilidad de cloruros en el sistema, trabajando a 60°C y al 20% de ácido, entonces sólo el 20% del ácido se pierde en la disolución del metal.

Al trabajar con ácido sulfúrico (al 20-30%, 90°C) se puede perder hasta el 55% del ácido por la disolución del metal. El sulfato de hierro resultante cataliza la corrosión de hierro elemental.

Bajo condiciones tan severas, los inhibidores tienen que ser resistentes a una posible hidrólisis, condensación, polimerización y reducción por hidrógeno en *statu nascendi*. Además, el inhibidor debe retardar la penetración de hidrógeno atómico a la red metálica para evitar una posterior “fragilización por hidrógeno”. Finalmente, debe mostrar poca actividad espumante.

*¿Cuáles son los tipos de inhibidores que se usan en estas circunstancias?*

Son *aminas primarias, iminas y aminaes* como urotropina, así como derivados de la piridina, quinolina, imidazol, etc. Alquinoles como 1-hexin-3-ol o 1, 4-butindiol, son utilizados preferentemente en baños que actúan a temperaturas altas como 100°C, por ejemplo.

Los inhibidores que contiene *azufre* también son recomendados para el decapado ácido: sin embargo, hay que tener presente que un producto de hidrólisis de estos compuestos es el H<sub>2</sub>S y esta molécula es un excelente promotor de la penetración de hidrógeno atómico en la estructura reticular del acero, provocando la antes mencionada fragilización por hidrógeno.

Dentro de la familia de los *mercaptanos*, el 2-mercapto-benzimidazol en combinación con alquinoles como alcohol propargílico, es un excelente inhibidor para el ataque de ácido sulfúrico a cobre, latón y aluminio. Pueden ser muy útiles en la limpieza ácida de termas para agua caliente.

Los *compuestos del tipo sulfonio* son buenos inhibidores por su estabilidad térmica, limitada sólo a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente.

Se debe hacer una clara advertencia acerca de los inhibidores del *tipo tiocianato, tiourea y tiocarbamato*, que son más **peligrosos** en cuanto al riesgo de fragilización por hidrógeno.

Los inhibidores con estructuras del tipo tioúrea pueden causar por hidrólisis la aparición del llamado “gas de mostaza” (gas de guerra), el cual es capaz de causar ceguera temporal (de hasta 10 días de duración). Los riesgos son minimizados mediante el uso de máscaras contra gases durante el manejo de esta clase de inhibidores.

### *Efectos sinérgicos en la inhibición de la corrosión*

Es muy conocido el efecto sumatorio de dos sustancias que individualmente no inhiben la corrosión y que, sin embargo en conjunto, casi la suprimen. Un ejemplo cuantitativo:

La velocidad de corrosión en ácido sulfúrico (al 15%) en el punto de ebullición y en presencia de 0,4% de alcohol propargílico se ha determinado en 1751 g/m<sup>2</sup>h, mientras que en presencia de 0,4% de 1-hexin-3-ol es de 1355 g/m<sup>2</sup>h. Al añadir KCl, las velocidades de corrosión disminuyen a 5 y 1,5 g/m<sup>2</sup>h respectivamente, es decir, al 0,35 y 0,09%. Como normalmente el ion cloruro figura como partícula nociva en corrosión, hay que resaltar su rol beneficioso en estas combinaciones.

El mismo efecto de sinergismo fue observado ya hace tiempo en los haluros y sales cuaternarias de amonio para el hierro en ácido sulfúrico. La eficacia de los iones aumenta en el siguiente sentido: Cl < Br < I. Los pseudohaluros también muestran sinergismo, mientras que el ion fluoruro no presenta ninguna actividad sinérgica.

Evidentemente, **los aniones activos** son quimisorbidos selectivamente en la superficie metálica y **mejoran la adsorbilidad de los cationes inhibidores**, que son los que realmente intervienen en la prevención de la corrosión. Las mezclas comerciales de inhibidores de corrosión consisten generalmente de una de las siguientes sustancias:

- compuestos cuaternarios de amonio
- compuestos acetilénicos
- compuestos sulfurados

Estos tres tipos actúan como inhibidores propiamente dichos. Además, se adicionan para aumentar la eficiencia de los anteriores, detergentes, anti-espumantes y humectantes. Esta clase de compuestos pertenece a la familia de los ténidos que provienen de los siguientes dos grupos:

- alquil (fenil) - sulfonatos de sodio
- alquilsulfatos de sodio

Si los ténidos iónicos pueden causar la precipitación de sales de hierro, entonces se emplean los no-iónicos, como:

- alquil (fenil) etoxilatos  $RO-(CH_2-CH_2-O)_nH$   
( $R=C_{10}H_{18}$ ).

Frecuentemente, no todos los compuestos de un “paquete de inhibidores” son solubles en agua; consecuentemente, se añade alcoholes, como isopropanol o metanol y en algunos casos, acetona.

#### *Remoción depósitos y limpieza ácida*

El equipo en las plantas de fuerza y fábricas, principalmente fábricas de papel y azúcar, está sujeto a la formación de depósitos por la circulación de agua o por compuestos formados en los procesos respectivos. Los intercambiadores de calor, calderas y termas también se incluyen en este grupo.

Para evitar problemas tales como el sobrecalentamiento, hay que proceder eventualmente a efectuar una limpieza.

Los depósitos generados por el flujo de agua en sistemas calientes son generalmente de naturaleza inorgánica, como por ejemplo:

- óxido de hierro (magnetita y hematita)
- sulfuros de hierro
- carbonatos alcalino-térreos
- sulfatos
- fosfatos
- silicatos y sílice.

Los depósitos orgánicos, como productos de descomposición de animales y plantas, se encuentran habitualmente en sistemas de agua abiertos.

Los depósitos orgánicos generados a partir de procesos como la polimerización, degradación o descomposición en general, son de naturaleza carbonífera. Son difíciles de remover, teniendo que recurrirse a tratamientos especiales para su eliminación.

Los ácidos mayormente utilizados en la "limpieza química" son: ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido sulfámico, ácido cítrico, ácido acético, ácido hidroxiacético con ácido fórmico y ácido fosfórico.

## ACIDOS DE LIMPIEZA USUALES

### *Acido clorhídrico*

Es el más utilizado, en una concentración de 5-15% en peso, para solubilizar precipitados formados en el sistema acuoso como por ejemplo, los recubrimientos calcáreos, pero también para los depósitos a base de hierro.

Los inhibidores ensayados en este sistema son las sales cuaternarias de amonio, iminas, tiourea y sus derivados y fosfatos de poliaminometileno. Este último tipo, junto con etilciclohexanol y N, N -diciclohexiltiourea, protegen hasta el zinc en soluciones diluídas de HCl.

### *Acido fluorhídrico con bifluoruro de amonio*

El mayor uso de esta mezcla estriba en la particularidad del RF de disolver silicatos formando fluorosilicatos.

Las bases de Mannich (a base de acetofenona), animales y tiourea, en conjunto con alquinoles, son típicos inhibidores para este medio.

### *Acido sulfúrico*

Su aplicación en la remoción de compuestos calcáreos está limitada debido a la formación de sulfato de calcio, que es muy poco soluble.

Se emplea ácido sulfúrico muy concentrado (98%) junto con  $\text{HNO}_3$  para la destrucción de breas y sustancias semejantes.

Como no existen inhibidores que soporten estas condiciones, debe procederse con sumo cuidado.

Las soluciones diluídas de ácido sulfúrico se inhiben con compuestos cuaternarios de amonio, alquinoles y tiocompuestos.

### *Acido nítrico*

Encuentra su principal aplicación en la limpieza de aceros inoxidable que se pasivan fácilmente.

No se dispone de inhibidores que puedan trabajar efectivamente con este ácido oxidante.

### *Acido sulfámico*

Es muy efectivo para tratar depósitos calcáreos, pero fracasa en el caso del óxido de hierro, a menos que se adicione cloruro sódico. Esta mezcla genera lentamente ácido clorhídrico.

Una solución de ácido sulfámico al 10% también se emplea para la limpieza del cobre, latones, acero inoxidable y acero galvanizado.

Los inhibidores coaccionantes son los mismos que mencionamos en el caso de ácido sulfúrico diluido.

La inhibición de la corrosión del hierro fundido es extremadamente difícil; sin embargo, con ácido sulfámico a temperaturas inferiores a 55°C y concentraciones de inhibidores del 2-5% en peso, se consiguen resultados satisfactorios.

### *Acido cítrico*

Es la manera de limpiar cuando la norma exige un sistema libre de cloruros.

Las soluciones de ácido cítrico disuelven bien los depósitos de hierro, pero la solubilidad de las sales formadas es limitada, por eso hay que repetir el procedimiento esporádicamente.

El ácido monoaminocítrico (con el grupo -OH sustituido), a pH 9 y en presencia de peroxodisulfato o bromato de amonio, disuelve selectivamente el cobre, pasivando por completo el acero.

En la práctica, esto significa que se trabaja primero a un pH 3, 5 disolviéndose todo el óxido de hierro y después a pH 9 en presencia de uno de los oxidantes, solubilizándose el cobre metálico.



Los inhibidores empleados con ácido cítrico son los mismos del sistema del ácido sulfúrico diluido.

#### *Acido acético*

Este ácido es el idóneo para remover recubrimientos calcáreos en equipos fabricados de aluminio, aunque no sirve para limpiar depósitos de óxido de hierro.

Nuevamente, los inhibidores utilizados son los mismos empleados en ácido sulfúrico diluido.

#### *Mezcla de ácido hidroxiacético y ácido fórmico*

Mezclas de estos ácidos (al 2 y al 1% en peso, respectivamente) remueven la magnetita de las calderas generadoras de vapor. Ofrecen la ventaja de que, al volver a calentar el sistema generador, no se forman subproductos corrosivos. Esta ventaja es decisiva en la limpieza de equipos de circulación de difícil acceso para efectos de mantenimiento.

También en esta mezcla particular siven los inhibidores del ácido sulfúrico diluido.

### INHIBIDORES PARA SOLUCIONES NEUTRAS

Todos los sistemas operacionales que emplean agua pertenecen a este rubro, que abarca tanto agua destilada o desionizada, como agua potable, salmuera y hasta agua de mar.

#### *Sistemas de una sola pasada*

Tanto la red de agua potable como el conjunto de la refrigeración industrial forman este grupo.

Es obvio que, bajo estas condiciones y por razones económicas, sólo se destinan concentraciones muy reducidas del inhibidor para la preservación de toda la unidad. Considerando que el agua potable es jurídicamente un alimento, los inhibidores han de ser absolutamente inocuos. Luego, sólo podemos hablar de dos familias de inhibidores: los polifosfatos y los silicatos.

Para ser eficaces, los polifosfatos necesitan que el agua se encuentre en movimiento y temperaturas de operación inferiores a 40°C para evitar la hidrólisis a ortofosfatos. Los polifosfatos protegen bien metales como Al, Pb, Cu y sobre todo Fe, acero y zinc.

Los *silicatos* previenen bien la corrosión de Pb, acero galvanizado, Cu y acero y la desincrustación de los latones. El pH más adecuado oscila alrededor de 8 - 9,5 y la temperatura debe mantenerse por debajo de 60°C.

Se usa soluciones de sulfato de cobre (II) en concentraciones de 1 ppm en redes de aleaciones de cobre refrigeradas por agua de mar.

### *Sistemas cerrados de recirculación*

En este caso, las soluciones ya no van directamente al desagüe, por lo que resulta económico trabajar con concentraciones más altas de inhibidores, biocidas, etc. Distinguímos entre dos variantes:

- a) Sistemas efectivamente cerrados, y
- b) Sistemas con circuito abierto

Dentro de la primera variante se incluye los métodos de refrigeración de máquinas, y a la segunda, sistemas industriales cuyo agua proviene de intercambiadores de calor y se enfría en torres de enfriamiento.

En (a) no tiene lugar ninguna evaporación (concentración), lo cual excluye el peligro de depósito en las paredes del sistema.

En (b), donde necesariamente hay evaporación al aire libre, se emplea por tanto inhibidores contra la deposición de sales.

Las temperaturas de trabajo en (a) son superiores que en (b), lo cual favorece el crecimiento bacteriano en el primer caso, y mucho menos en el segundo.

- a) Sistemas cerrados

Los refrigerantes usados actualmente son a base de etilenglicol al 50% y operan entre -40 hasta +120°C. Los inhibidores correspondientes para sistemas que contienen simultáneamente hierro fundido, acero, aluminio, cobre

y aleaciones, son mercaptobenzotiazol de sodio y fosfato de trietanolamonio. la receta práctica es: al glicol se le agrega 1% de ácido fosfórico, se diluye al 50% y se neutraliza la mezcla a pH 7 con trietanolamina.

Una segunda formulación que, sin embargo, no protege al hierro fundido, contiene benzoato de sodio. Combinando con nitrito de sodio, se encontró la protección perfecta para todos los metales antes mencionados. La relación benzoato/nitrito es 7/1 y las concentraciones empleadas en la práctica son de 1,0 - 1,5 % en benzoato y 0,1% en nitrito (porcentajes en peso respecto a la mezcla refrigerante total).

Una tercera formulación utilizada antes, consistía de bórax al 3% en el etilenglicol no diluido. Sin embargo, existen algunas observaciones en cuanto a su eficacia frente el aluminio y sus aleaciones.

Como el etanodiol es susceptible durante su uso a una oxidación a compuestos de comportamiento ácido, en los EE.UU. prefieren trabajar con una cierta reserva en alcalinidad para poder neutralizar estos compuestos ácidos. Las formulaciones más modernas que siguen incorporando los compuestos clásicos ya citados incluyen ahora p.e., tolitriazol (TTA) para el cobre y molibdatos para activar otros inhibidores. Los nitratos se usan recientemente como protectores específicos del aluminio.

Un desarrollo muy moderno ha permitido reunir en un solo inhibidor propiedades anticorrosivas frente a acero, hierro fundido, soldadura, y aleaciones de aluminio: es el sebacinato de sodio. Junto con el benzotriazol (BIA) para el cobre, disponemos hoy en día de una mezcla muy eficaz para toda la variedad de metales existentes en una máquina.

#### *Inhibidores más comunes en soluciones refrigerantes de equipos y sus principales propiedades*

<i>benzoato:</i>	muy efectivo en general, pero no para hierro fundido.
<i>nitrito:</i>	bueno para hierro fundido: no se usa solo.
<i>polifosfatos:</i>	buen inhibidor, pero existe el peligro de hidrólisis.
<i>BTA/TTA:</i>	excelente para cobre y sus aleaciones.
<i>silicatos:</i>	buenos inhibidores, especialmente para aluminio.
<i>nitratos:</i>	específicamente para aluminio; se utiliza mezclado con otros.
<i>molibdatos:</i>	promotor general de otros componentes.
<i>bórax:</i>	principalmente utilizado para tener "reserva de alcalinidad".
<i>sebacinato:</i>	generalmente muy eficaz, en unión con BTA.

## b) Sistemas abiertos

En principio, se repite la problemática del caso anterior; sin embargo, surge adicionalmente el problema de evitar la deposición de precipitados, mayormente inorgánicos. Como está involucrada una enorme cantidad de agua (millones de litros), se recomienda un tratamiento del agua.

Además, antes de poner en servicio un conjunto nuevo de recirculación, se debe procurar una limpieza total de todas las superficies internas del mismo.

## EVOLUCION HISTORICA

En los años cincuenta, aparecieron los modernos inhibidores cromato y nitrito, que hasta hoy “dominan la escena”. El cromato se usa más por su mayor estabilidad química, porque el nitrito puede ser reducido por procesos biológicos. Los dos son inhibidores anódicos y por eso, en presencia de cloruros o sulfatos, promueven la corrosión localizada.

Los cromatos se hacen trabajar inicialmente en concentraciones altas (500-1000 ppm) mediante un llamado “tratamiento de choque” y luego se reduce la concentración a valores de 100-500 ppm, tanto para establecer rápidamente una capa pasiva sobre el material, como para oxidar cualquier reductor presente en el conjunto.

Con el fin de controlar el crecimiento de la capa calcárea, estos sistemas operaban en ácido sulfúrico y a pH 7 (así, los sulfatos no forman capas tan adherentes).

Con la aparición de los polifosfatos se podía disminuir aún más el contenido de cromatos; p.e., 50-100 ppm en cromatos y 10-20 ppm en polifosfatos.

Como los polifosfatos muestran una limitada estabilidad frente a la hidrólisis (sobre todo por encima de 40°C) y este inconveniente podría causar precipitados de fosfatos de calcio, se buscó frenar la corrosión por el lado catódico, empleando iones zinc. El resultado fue una nueva formulación: 15-20 ppm de cromatos, 1-7 ppm de polifosfatos y 1-4 ppm de zinc con un control de pH.

El siguiente avance se observó a finales de los años sesenta. La hidrolizabilidad de los polifosfatos fue ampliamente superada con la introducción

de los fosfonatos (enlace P-C menos sensible que el enlace P-O). El adelanto, por tanto, consistía en una mayor resistencia a la hidrólisis y mayor tolerancia a concentraciones más altas de iones calcio. Esto a su vez, se traducía en menos ciclos de cambio de agua. El tercer efecto fue hacer innecesario el control de pH.

Con este “salto” importante en el desarrollo se podía prescindir de los cromatos y resolver de paso un problema de toxicidad de este metal. Una formulación típica de aquel tiempo era:  $Zn^{2+}$ , fosfonatos, polifosfatos y un poco de ortofosfato para mejorar la adherencia de los inhibidores en las paredes metálicas.

Como fosfonatos; se usaba compuestos del tipo nitrilo(trismetilenoácido fosfórico) o etilendiamintetra (metilenoácido fosfórico) entre otros. A pesar del enorme poder de inhibición de estas sustancias, surgió la desventaja de que la estructura molecular de las mismas no era resistente contra el cloro libre, un biocida frecuentemente empleado. Este hecho llevó al uso de inhibidores sin el sensible enlace N-C, perfilándose los ácidos di- y trifosfónicos; p.e., 1-hidroxi-etileno-1,1-difosfónico. Estos ácidos oligofosfónicos trabajan junto con “estabilizadores” que los hacen invulnerables frente al cloro.

También se realizaron experimentos con ácidos aminofosfónicos que son complejantes del cobre, fomentando la corrosión del mismo metal. Para contrarrestar este efecto, los aminoinhibidores deben operar en presencia de tolitriazol o mercaptobenzotiazol.

Como en los años setenta la legislación de algunos países prohibió la presencia de cromo y zinc en las aguas servidas, estos dos excelentes inhibidores fueron sustituidos por polímeros en base a poliácrilatos y polimaleinatos, entre otros copolímeros. Así empezó la era de los inhibidores libres de metales.

Como máxima expresión del arte de la síntesis del químico, actualmente disponemos de una formulación inhibidora de la corrosión que consiste exclusivamente de compuestos orgánicos: polímeros, fosfonatos y un compuesto específico para la inhibición del cobre.

El próximo perfeccionamiento, ya previsible, será la sustitución de los compuestos fosforados, para calmar así a la sociedad que reclama aguas servidas limpias sin riesgo de eutrofia.

## RESUMEN

Como las instalaciones a proteger son generalmente **multimetálicas**, es decir, hay que prevenir la corrosión de hierro fundido, acero, partes galvanizadas con zinc, cobre y aluminio junto con sus aleaciones, **no se puede operar con un solo inhibidor.**

La segunda exigencia del consumidor consiste en **evitar la formación de depósitos calcáreos** en las paredes del sistema. Estos dos requerimientos se pueden satisfacer con un “paquete” de inhibidores en base a cromatos, zinc, polifosfatos, ortofosfatos, aminofosfonatos, polímeros en base a carbono y oxígeno e inhibidores para cobre. También se incluye **dispersantes** de partícula como el fango. Como dispersantes, se han impuesto las ligninas y los lignosulfonatos, por su capacidad de actuar simultáneamente como inhibidores.

La tendencia actual es **eliminar todos los metales y el fósforo** en la mezcla de inhibidores, quedando sólo los elementos C,O,N y S como bases estructurales esenciales de los inhibidores de corrosión.

## BIBLIOGRAFIA

A.D. Mercer: Curso de inhibidores. Dechema - Frankfurt, septiembre 1986.