



Incompatibilidad de materiales metálicos

AIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO
METALMECÁNICO

AIMME **MATERIALES**

- Familias generales de materiales

```
graph TD; Polimeros([Polímeros]) --> Composites([Composites]); Metales([Metales]) --> Composites; Ceramicas([Cerámicas]) --> Composites;
```

Polímeros Resistencia y rigidez bajas.

Metales Resistentes, tenaces y dúctiles.

Cerámicas Duros y frágiles.

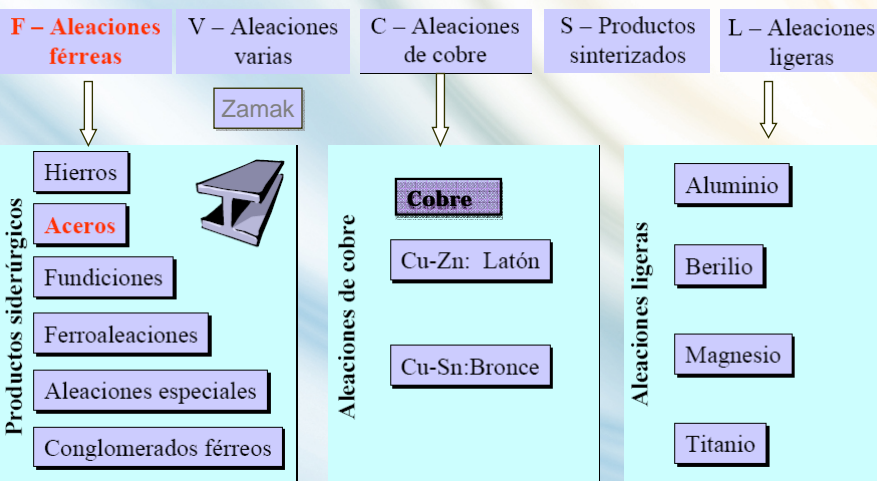
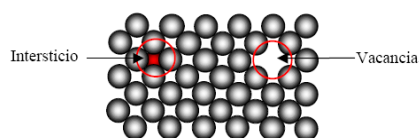
Composites

pág 2



• Metales

- Átomos unidos por una nube electrónica (enlace metálico)
- Alta conductividad térmica y eléctrica
- Densidad relativamente alta
- Materiales muy tenaces

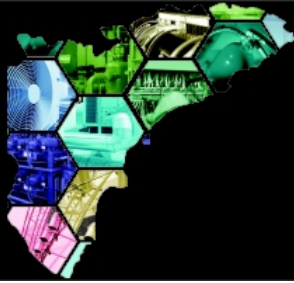




- Los aceros
 - Se distinguen tres tipos de aceros utilizables en las instalaciones de agua sanitaria:
 - Fundiciones
 - Aceros al carbono y aceros débilmente aleados
 - Aceros aleados o inoxidables
- Fundiciones
 - **No** son materiales **recomendables** para redes de distribución de **agua potable** y su uso se limita a las redes de agua sanitaria.

- En las fundiciones (2-7% C) se pueden distinguir:
 - **GRIS**
 - **NODULAR**
 - **BLANCA**
 - **MALEABLE**
- La **fundición gris** contiene un 2-4% de carbono y un 1-3% de silicio.
- Son resistentes a la corrosión en medios poco agresivos
- Bajo ciertas condiciones son sensibles a **corrosiones selectivas** como la **grafitización**, disolución del hierro.





- Aceros al carbono y aceros débilmente aleados
 - **Aceros al carbono**
 - Los aceros al carbono son las **aleaciones** ordinarias de **hierro-carbono** con un contenido en carbono menor del 1%, además de otros elementos:
 - **Manganeso: 0.3-0.5 %**
 - **Silicio: 0.1-0.6 %**
 - **Azufre: menos del 0.5 %**
 - **Fósforo: menos del 0.5 %**
 - El contenido en carbono de los aceros tiene **poca influencia** sobre la corrosión.
 - Los **contenidos bajos** en otros elementos, como el **manganeso**, pueden tener una influencia considerable sobre la corrosión.

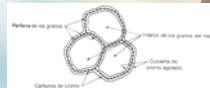
- **Aceros débilmente aleados**
 - Son aceros que contienen diferentes elementos aleantes: Cr, Ni, Cu, Mn, Si, P en contenidos **no superiores** al 5 %.
- Fenómenos de corrosión más frecuentes
 - Corrosión por picadura con formación de **tuberculación**.
 - Corrosión **bajo depósito** por aireación diferencial.
 - **Picaduras**.





- **Aceros aleados o inoxidables**
 - Incorporan como aleantes el cromo (> 10.5 %), y otros metales (níquel, molibdeno) que los convierten en **pasivos** y resistentes a diferentes agresiones.
 - Se distinguen los siguientes tipos:
 - **Ferríticos:** Con un 13-18% de cromo. **Son ferromagnéticos.** Son sensibles a la corrosión por picadura en presencia de cloruros.
 - **Martensíticos:** Obtenidos por **temple.** Presentan baja resistencia a la corrosión. Presentan menos cromo y mayor carbono a los anteriores.

- **Austeníticos:** Incorporan níquel en la aleación. **No son ferromagnéticos.** Presentan buena resistencia a la corrosión, aunque son sensibles a corrosiones **intergranulares** y corrosiones **bajo tensión.** Su resistencia a la corrosión puede ser mejorada por adición de **molibdeno** o de **titanio.** Los más utilizados son: AISI 304, 304L, 316 y 316L.
- **Corrosión intergranular**, por sensibilización a temperatura.
- **Corrosión bajo tensión (SCC)**
 - La aparición de SCC requiere la presencia de dos requerimientos básicos:
 - Tensión, esfuerzo
 - Presencia de agresores, Cl



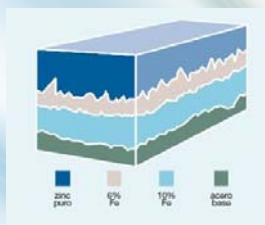
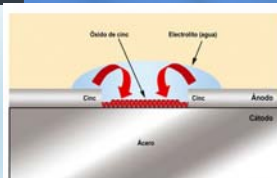


- Acero galvanizado

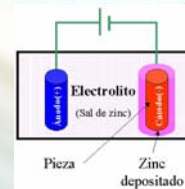
- **Comportamiento del acero galvanizado**

- El acero galvanizado tiene un **comportamiento muy bueno** en circuitos de agua sanitaria siempre que no sea muy agresiva.
 - **Protección catódica** del acero por recubrimiento de cinc.
 - A **temperaturas superiores** a 60 – 65 °C, puede tener lugar una inversión de polaridad.
 - Los **cortes** y las **soldaduras** del material pueden ocasionar **daños** que provocan corrosión en condiciones de uso.

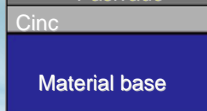
Galvanizado



Electrocincado cincado



Pasivado





- La superficie exterior del acero galvanizado es sensible a:
 - **Humedades** ambientales **superiores** al 60%.
 - **Contacto directo** con materiales de construcción (**arenas y yeso**).
 - **Contacto directo** con **suelos** naturales.
- Los **morteros de cemento** son **muy protectores** siempre que la capa de mortero sea **uniforme y compacta**. Para las conducciones de agua caliente es recomendable una **protección aislante** entre el tubo y el mortero.

- **Comportamiento del acero galvanizado frente a otros agresivos**
 - El acero galvanizado es **muy sensible** a la presencia de **cobre disuelto** si se han incorporado **tramos** de cobre **antecediendo** al material galvanizado.
 - Las posibles partes de cobre disueltas y arrastradas provocarán un **par galvánico** en contacto con el cinc, disolviéndose éste y depositando cobre metal.
 - Tampoco es recomendable la **conexión directa** de accesorios de fundición con partes galvanizadas. En este caso se provoca corrosión por **par galvánico** en las zonas de cinc en contacto.



AIMME COBRE Y SUS ALEACIONES

- Cobre y sus aleaciones
 - **Clases de cobre usadas en conducciones de agua**
 - El cobre es utilizado en las instalaciones de transporte de agua en forma de **tubos**.
 - Se establecen dos categorías de tubos de cobre:
 - **Tubos duros**, conformados en frío por **trefilado** y no sometidos a ningún tratamiento térmico posterior. Se suministran en barras de una longitud determinada.
 - **Tubos maleables**, fabricados por **recocido** de tubos duros. Se suministran a modo de arrollamientos de larga longitud.

pág 15

AIMME COBRE Y SUS ALEACIONES

- **Comportamiento del cobre**
 - La corrosión del cobre es generalmente **uniforme** en el **exterior** con formación de capas protectoras.
 - Puede presentar corrosión por picaduras en el interior, de tipo I en aguas frías, y de tipo II en aguas calientes.



Tipo I



Tipo II

pág 16



AIMME COBRE Y SUS ALEACIONES

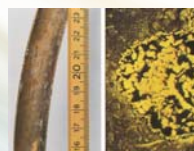
– Aleaciones de cobre

- **Latones**, aleaciones de **cobre y cinc** y se presentan en forma de dos **aleaciones eutécticas**
 - » **Latones α** : Conteniendo un 35 % en cinc
 - » **Latones β** : Conteniendo un 45 % en cinc.
 - » **Latones intermedios**: Mezclas de los tipos α y β
 - » **Latones inferiores**: Mezclas de cobre y latón α (contenidos inferiores al 35 % en cinc).
- **Bronces**, aleaciones **cobre-estaño** y resisten generalmente a la corrosión. Se utilizan en partes de bombas y las agresiones presentadas suelen ser por **acción de productos químicos** como ácidos, amoníaco, etc.

pág 17

AIMME COBRE Y SUS ALEACIONES

- Los tipos de corrosión más frecuentes presentados por los latones son:
- **Corrosión por descindificación**. El uso corriente de **latones intermedios** se encuentra sujeto a este tipo de corrosión. El **riesgo** de descindificación es **más elevado** para:
 - **Mayor temperatura** del agua transportada.
 - **Menor contenido en Ca^{2+}** del agua.
 - **Mayor contenido en Cl^-** del agua.
 - **Mayor contenido en Zn**.
- **Corrosión por picaduras**. Puede estar relacionado con la descindificación.



pág 18



• Soldaduras

- Las soldaduras constituyen a **zonas potenciales** de corrosión por diferentes motivos, independientemente que hayan sido realizadas por aporte de material o por haz iónico.
- Los fenómenos de corrosión que pueden aparecer en zonas soldadas son:
 - Corrosión galvánica
 - Corrosión en hendiduras
 - Corrosión intergranular
 - Corrosión bajo tensión

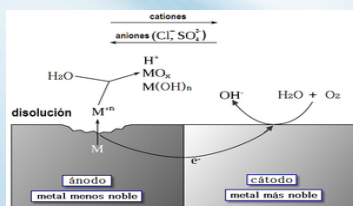
➤ REQUISITOS SEGÚN CÓDIGO TÉCNICO EDIFICACIÓN

Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- Para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero;
- No deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada;
- c) Deben ser resistentes a la corrosión interior;**
- Deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas;
- e) No deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí;**
- Deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato;
- Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano;
- Su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.



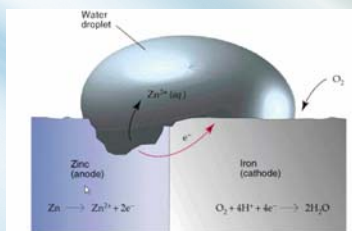
- **INCOMPATIBILIDAD ELECTROQUÍMICA:**
 - Acoplamiento de dos metales de diferente potencial electroquímico.
CORROSIÓN POR PAR GALVÁNICO.
- **Condiciones para la corrosión galvánica:**
 1. Presencia de dos metales electroquímicamente diferentes.
 2. Contacto eléctrico entre los dos metales diferentes.
 3. Los metales deberán estar expuestos a un electrolito

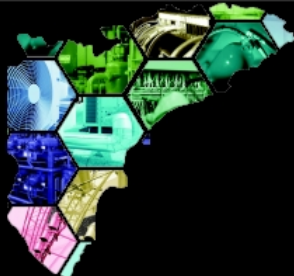


Aquel metal que manifieste un potencial de reducción predominantemente negativo generara oxidación y aquel metal que manifieste un potencial de reducción predominantemente positivo generara una reducción.

La corrosión galvánica se presenta cuando se tienen las siguientes condiciones:

1. Cuando se conectan metales diferentes, el más activo o metal anódico se corroe más rápidamente que el metal más noble o metal catódico tiende a protegerse.
2. A medida que la diferencia de potencial entre los dos metales se incrementa, la corrosión galvánica también aumenta.





ORGANIZA



PATROCINA



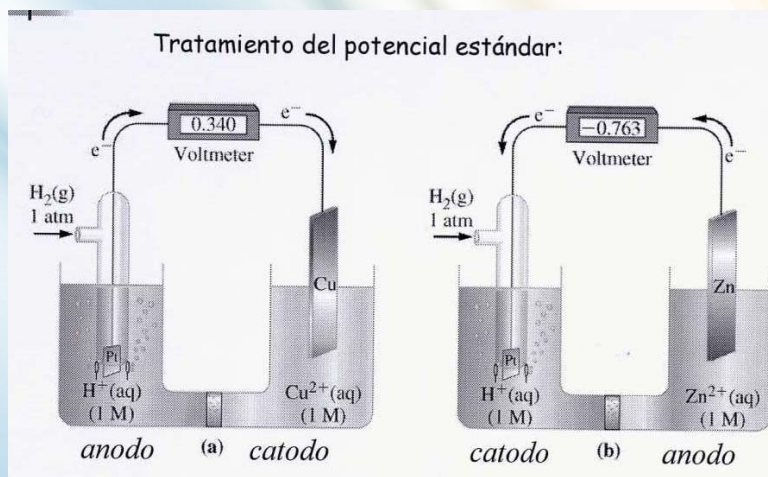
ATISAE

Halconviajes.com

Eurocasa

AIMME

MEDIDA POTENCIAL



pág 23

AIMME

SERIE GALVÁNICA

– METALES NOBLES

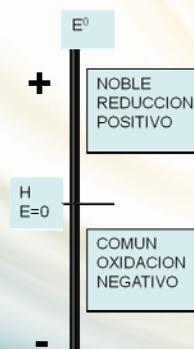
- MAS ESTABLE LA FORMA REDUCIDA
- TIENDE A REDUCIRSE
- POTENCIAL MÁS POSITIVO QUE EL HIDRÓGENO
- $E = + \text{Vol.}$

– POTENCIAL HIDRÓGENO

$$- (E_{H^+/H} = 0 \text{ Vol})$$

– METALES COMUNES

- MAS ESTABLE LA FORMA OXIDADA
- TIENDE A OXIDARSE
- POTENCIAL MÁS NEGATIVO QUE EL HIDRÓGENO
- $E = - \text{Vol.}$



pág 24



AIMME
SERIE GALVÁNICA

Más inerte (catódico) ↑

- Platino
- Oro
- Grafito
- Titanio
- Plata
- Acero inoxidable 316 (pasivo)
- Acero inoxidable 304 (pasivo)
- Inconel (80Ni-13Cr-7Fe) (pasivo)
- Níquel (pasivo)
- Monel (70Ni-30Cu)
- Aleaciones cobre-níquel
- Bronce (Cu-Sn)
- Cobre
- Latón (Cu-Zn)
- Inconel (activo)
- Níquel (activo)
- Estaño

Más activo (anódico) ↓

- Plomo
- Acero inoxidable 316 (activo)
- Acero inoxidable 304 (activo)
- Fundición
- Hierro y acero
- Aleaciones de aluminio
- Cadmio
- Aluminio comercialmente puro
- Zinc
- Magnesio y aleaciones de magnesio

Electrode Reaction	Standard Electrode Potential, V ^o (V)
Au ³⁺ + 3e ⁻ → Au	+1.420
O ₂ + 4H ⁺ + 4e ⁻ → 2H ₂ O	+1.229
Pt ²⁺ + 2e ⁻ → Pt	~+1.2
Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0.800
Fe ³⁺ + e ⁻ → Fe ²⁺	+0.771
O ₂ + 2H ₂ O + 4e ⁻ → 4(OH ⁻)	+0.401
Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0.340
2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂	0.000
Pb ²⁺ + 2e ⁻ → Pb	-0.126
Su ²⁺ + 2e ⁻ → Sn	-0.136
Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	-0.250
Co ²⁺ + 2e ⁻ → Co	-0.277
Cd ²⁺ + 2e ⁻ → Cd	-0.403
Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	-0.440
Cr ³⁺ + 3e ⁻ → Cr	-0.744
Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	-0.763
Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	-1.662
Mg ²⁺ + 2e ⁻ → Mg	-2.363
Na ⁺ + e ⁻ → Na	-2.714
K ⁺ + e ⁻ → K	-2.924

↑ Increasingly inert (cathodic)
↓ Increasingly active (anodic)

Order of Activity of Metals:

pág 25

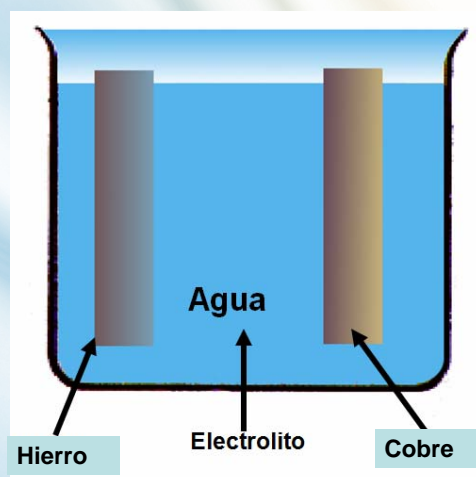
AIMME
SERIE GALVÁNICA

- La serie galvánica es una lista de los potenciales de corrosión para varias aleaciones útiles y metales puros (rango de potenciales)
- Los potenciales vienen medidos con respecto a un determinado electrodo de referencia.
- Sirve únicamente para dar tendencias.
- Cuanto más negativo sea el potencial más fácilmente es atacado por corrosión galvánica.
- Cuanto menor sea la diferencia de potencial de los metales que se acoplan, menor es la velocidad de corrosión.

pág 26



- Es un proceso de corrosión electroquímica.
- Dos metales distintos en una solución conductora,
- Diferencia de Potencial
- Conectados eléctricamente, con un flujo de electrones entre ellos.
- El menos resistente es el ánodo. (alta velocidad de corrosión).
- El más resistente es el cátodo. (baja o nula velocidad de corrosión).
- Dos semi-reacciones Oxidación (**Ánodo**)
 Reducción (**Cátodo**)





AIMME
CORROSIÓN

Paso de e⁻ Para completar El circuito

Los electrones Fluyen de ánodo A cátodo

pág 29

AIMME
INCOMPATIBILIDAD

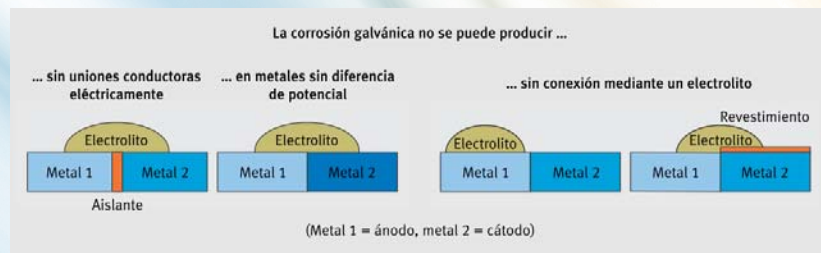
- Para que exista corrosión se requieren cuatro factores:
 - Ánodo
 - Cátodo
 - Conexión eléctrica.
 - Electrolito

pág 30



- **FACTORES QUE INTERVIENEN**

- DIFERENCIA DE POTENCIAL
- RELACIÓN DE ÁREAS
- CONDUCTIBILIDAD DEL ELECTROLITO
- CONEXIÓN ENTRE LOS METALES
- DISEÑO DE ACOPLAMIENTO





- Para los **ambientes ásperos**, como al aire libre, alta humedad, la sal y entornos entran en esta categoría. Normalmente no debería haber más diferencia de 0,15 V en el "Índice anódica". Por ejemplo, el oro - plata habría una diferencia de 0.15V aceptables.
- Para **ambientes normales**, como el almacenamiento en almacenes o sin control de temperatura y humedad ambientes. Normalmente no debe haber más de 0,25 V diferencia en el "Índice anódica".
- Para **ambientes controlados**, de tal manera que son la temperatura y humedad controladas, 0,50 V se puede tolerar. Se debe mantener la hora de decidir para esta aplicación ya que la humedad y la temperatura varían de las regiones.

- VELOCIDAD DE CORROSIÓN DEPENDE DE LA RELACIÓN SUPERFICIAL ENTRE LOS DOS METALES:

$$\text{Corrosion} = \frac{\text{Cathodic surface area}}{\text{Anodic surface area}}$$

El caso más favorable es una zona anódica superficie muy grande y una pequeña área de la superficie catódica. La corrosión galvánica es una corrosión local, y por lo tanto limitado a la zona de contacto

Combinación: cátodo grande/ánodo pequeño → indeseable.



AIMME VELOCIDAD

Electrolito
Metal 1
Metal 2

Stainless Steel
Aluminum Rivet
Couple A

Aluminum
Stainless Steel Rivet
Couple B

Aluminum Steel
Steel Aluminum

Acero galvanizado
Acero inoxidable

Acero inoxidable
Acero galvanizado

pág 35

AIMME DIFERENCIA D EÁREA

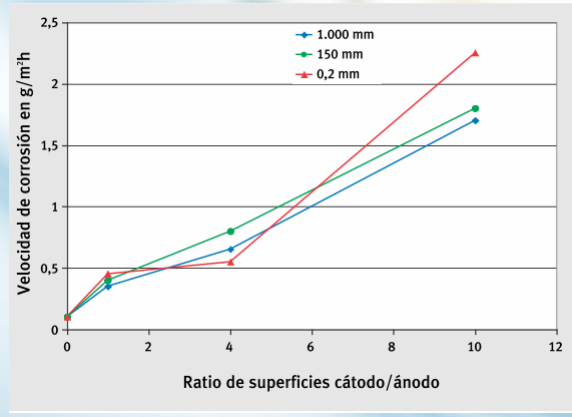
Pila galvánica	Entorno	Ratio de superficies	Velocidad de corrosión (mm/a)	
1.4016 Acero al carbono Zn 99,9 Al 99,9 Cu-DGP Ti	Agua potable, ventilada	1:1	0,47	
			0,26	
			0,17	
			0,07	
1.4541 SF-Cu Acero al carbono Zn Ti	Agua de mar artificial	1:1	0,12	
		1:10	0,07	
		10:1	1,00	
		1:1	0,38	
		1:10	0,25	
		10:1	1,10	
Pila galvánica	Velocidad de corrosión (mm/a)			
	X6CrMo17-1 1.4113	X2CrTi12 1.4512	X5CrNi18-10 1.4301	
	Acero al carbono	0,62	0,66	0,69
	Acero galvanizado en caliente	0,51	0,51	0,55
ZnAl 4 Cu 1	0,66	0,66	0,69	
AlMg 1	0,15	0,29	0,29	
Cu-DGP	0,04	0,04	0,04	
CuZn 40	0,04	0,04	0,04	

pág 36



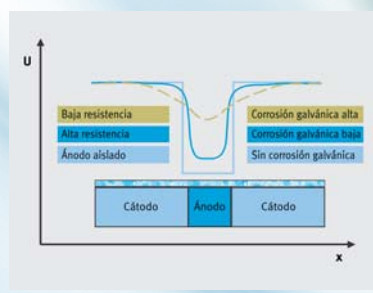
AIMME

RELACIÓN ÁREA

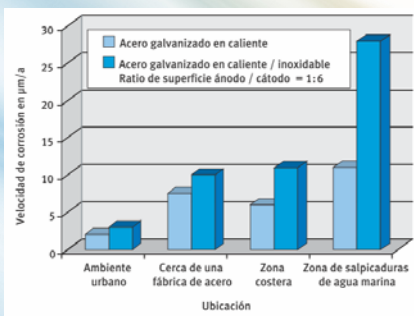


AIMME

CONDUCTIVIDAD



Entorno	Conductividad específica en (Ω · cm) ⁻¹
Agua pura	5 · 10 ⁻⁸
Agua desmineralizada	2 · 10 ⁻⁶
Agua de lluvia	5 · 10 ⁻⁵
Agua potable	2 · 10 ⁻⁴ - 1 · 10 ⁻³
Agua de un río de agua salobre	5 · 10 ⁻³
Agua de mar	3,5 · 10 ⁻² - 5 · 10 ⁻²





		Material con un área pequeña				
		Acero al carbono / hierro colado	Zn / acero galvanizado	Al	Cu	Acero inoxidable
Material con un área grande	Acero al carbono / hierro colado	+	+	-	o / -	+
	Zn / acero galvanizado	-	+	-	o*	+
	Al	-	o / -	+	-	+
	Cu	-	-	-	+	+
	Acero inoxidable	-	-	-	o	+
	Acero en hormigón	-	-	-	+	+

Clave: + bueno o dudoso - malo

* Aunque combinar estos metales tiene una influencia insignificante sobre los materiales, estas uniones no se recomiendan debido a la elevada autocorrosión del metal menos noble.

		Material de superficie pequeña				
		Acero al carbono / hierro fundido	Zn / acero galvanizado	Al	Cu	Acero inoxidable
Material de superficie grande	Acero al carbono / hierro fundido	+	-	-	+	+
	Zn / acero galvanizado	+	+	+	o	+
	Al	o / -	o	+	o / -	+
	Cu	-	-	-	+	+
	Acero inoxidable	-	-	o / -	+	+

- **Prevención corrosión galvánica**

1. Evitando el uso de metales diferentes siempre que esto sea posible. Si esto no es práctico, tratar de usar metales que estén lo más cercano posible entre sí en la serie galvánica.
2. Es necesario evitar una relación de áreas desfavorables, es decir, bajo ninguna circunstancia conectar una pequeña área anódica a una gran área catódica.
3. Si se utilizan metales diferentes, aislar eléctricamente uno del otro, instalando juntas de aislamiento.
4. Si se necesita utilizar metales diferentes, y no pueden ser aislados, las partes anódicas deberán ser diseñadas de manera de poderlas reemplazar fácilmente o construirlas de materiales más gruesos para alargar la vida del equipo bajo los efectos de la corrosión.



Medidas de protección frente a la incompatibilidad entre materiales

1. Se evitará el acoplamiento de tuberías y elementos de metales con diferentes valores de potencial electroquímico excepto cuando según el sentido de circulación del agua se instale primero el de menor valor.
2. En particular, las tuberías de cobre no se colocarán antes de las conducciones de acero galvanizado, según el sentido de circulación del agua, para evitar la aparición de fenómenos de corrosión por la formación de pares galvánicos y arrastre de iones Cu⁺ hacia las conducciones de acero galvanizado, que aceleren el proceso de perforación.
3. Igualmente, no se instalarán aparatos de producción de ACS en cobre colocados antes de canalizaciones en acero.
4. Excepcionalmente, por requisitos insalvables de la instalación, se admitirá el uso de manguitos antielectrolíticos, de material plástico, en la unión del cobre y el acero galvanizado.
5. Se autoriza sin embargo, el acoplamiento de cobre después de acero galvanizado, montando una válvula de retención entre ambas tuberías.
6. Se podrán acoplar al acero galvanizado elementos de acero inoxidable.
7. En las vainas pasamuros, se interpondrá un material plástico para evitar contactos inconvenientes entre distintos materiales.