

Material didáctico de apoyo para docentes de
Arquitectura /Ingeniería Civil.

Capítulo 05:
Resistencia a la Corrosión de
los aceros inoxidables

Contenido

1. La mayoría de los materiales sufren un deterioro con el tiempo
2. Por qué los aceros inoxidables resisten la corrosión
3. Tipos de corrosión de los aceros inoxidables
4. Cómo seleccionar el tipo de acero inoxidable con una resistencia a la corrosión adecuada.
 - Aplicaciones estructurales
 - Otros usos
5. Referencias

1. La mayoría de los materiales sufren un deterioro con el tiempo


La mayoría de los materiales sufren un deterioro con el tiempo

Material	Madera	Acero	Hormigón
			
Tipo de deterioro	Hongos Insectos Insolación+ lluvia	Corrosión	Agrietamiento/ desprendimiento
Acciones para mitigarlo	Tratamientos químicos Pintura/barniz	Galvanizado Pintado	Barra de refuerzo resistente a la corrosión

La mayoría de los materiales sufren un deterioro con el tiempo

Material	Piedra	Vidrio	Polímeros
Tipo de deterioro	Daños de desgaste por la contaminación	Roturas	Se vuelve quebradizo por la acción de rayos UV
Acciones para mitigarlo	No se toman normalmente	Vidrios templados	Uso de tipos de polímeros mejorados

La mayoría de los materiales sufren un deterioro con el tiempo

Material	Aluminio*	Cobre	Inoxidable
			
Tipo de deterioro	Aparición de picaduras a lo largo del tiempo , posible corrosión galvánica	Forma una pátina verde con el tiempo	No sufre deterioro
Acciones para mitigarlo	La corrosión galvánica puede prevenirse	Ninguna	No se requieren

* El aluminio forma una delgada capa de óxido protector , como sucede con el inoxidable , pero de mucha menor resistencia a la corrosión

Corrosion en hormigón

(Los problemas de corrosión no se limitan a las superficies externas !)



Image courtesy of Arminox Stainless



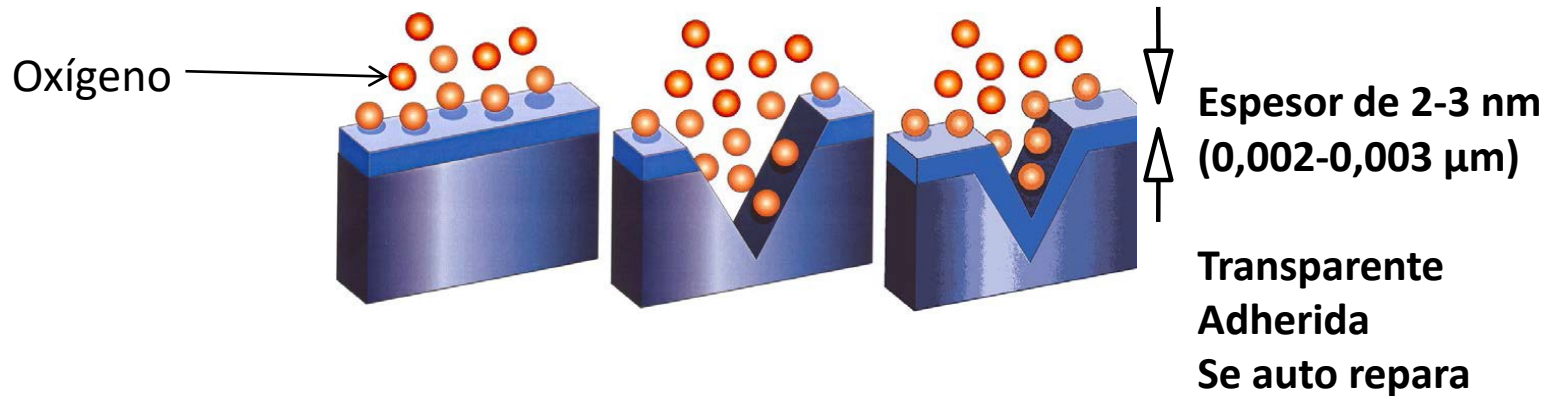
El acero inoxidable proporciona la resistencia estructural y la resistencia a la corrosión necesaria en el interior del hormigón, proporcionando una larga vida útil, sin necesidad de mantenimiento de la estructura.

- La corrosión de acero al carbono sin protección se produce incluso en el interior de estructuras de hormigón armado ya que los cloruros presentes en el medio (marino/ sales de deshielo) se difunden a través del hormigón.
- Los productos de corrosión (oxidación) tienen un volumen mayor que el metal y crean tensiones internas que causan el desprendimiento del hormigón al astillarse.
- Mitigar la corrosión de las armaduras de refuerzo es una necesidad.
- Se utilizan varias técnicas: Un recubrimiento de hormigón más grueso; protección catódica; membranas, revestimiento epoxi ... y acero inoxidable en lugar de acero al carbono

2. Por qué el acero inoxidable resiste la corrosión

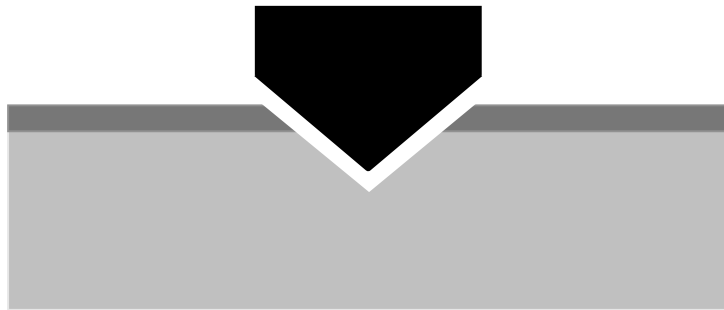
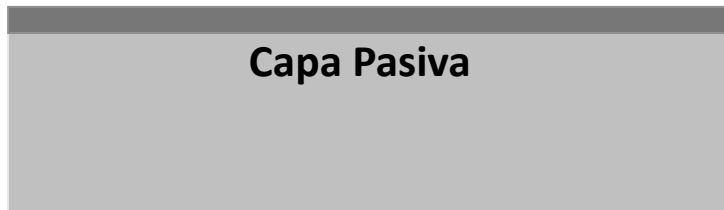
Passive Layer vs. Coatings

**Capa de PELICULA PASIVA en ACEROS INOXIDABLES:
Oxidos-hidroxidos de Fe y Cr**

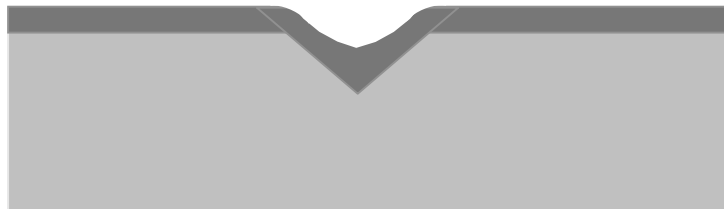


Daño a la capa protectora

Acero Inoxidable



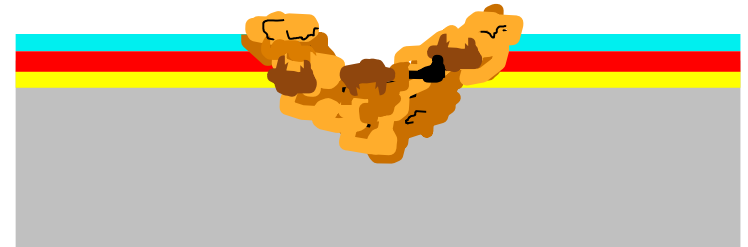
Auto reparación



Acero dulce



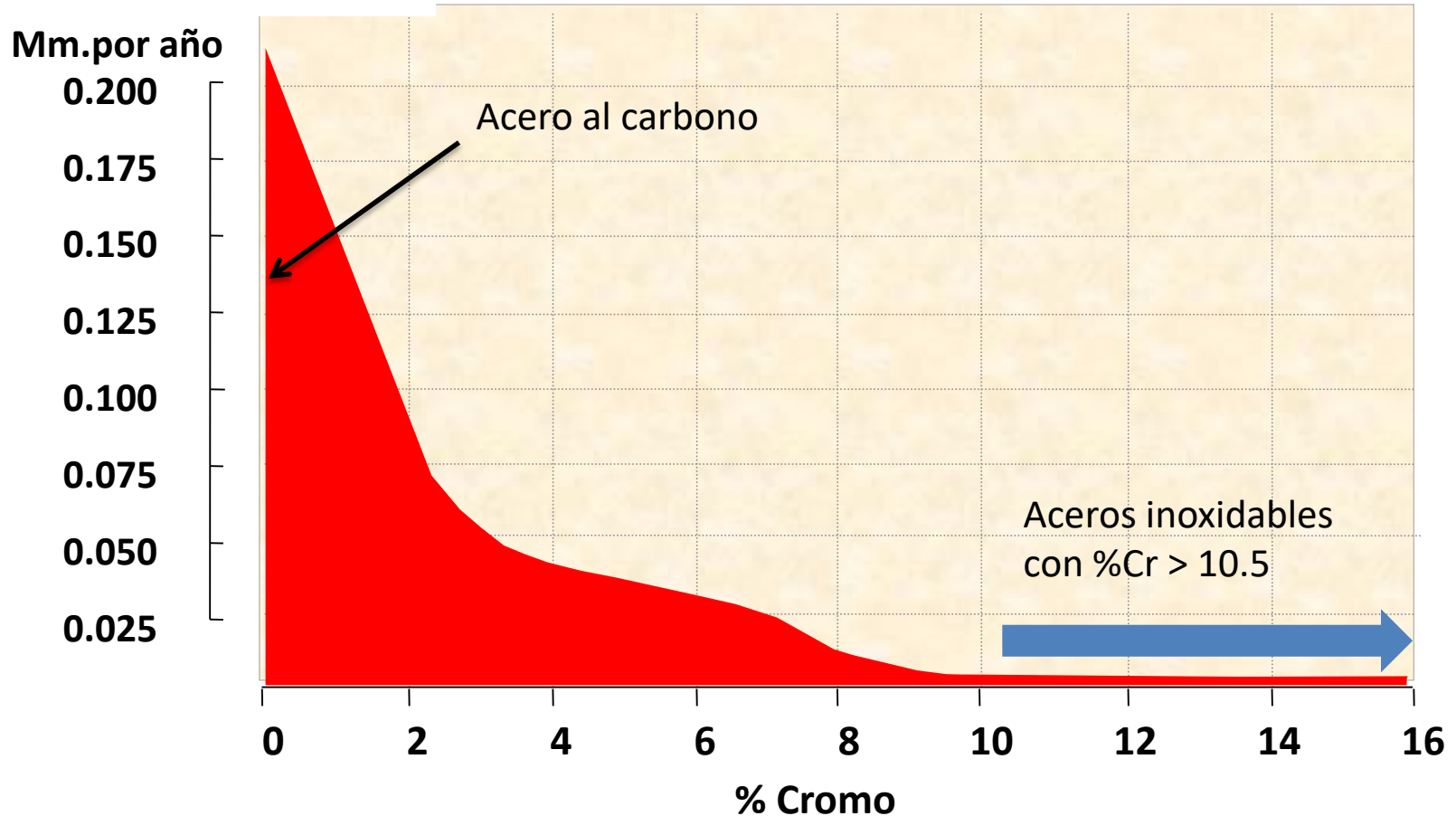
Productos de Corrosion



3. Tipos de corrosion de los aceros inoxidables

Efecto del Contenido de Cromo en la Resistencia a la corrosión atmosférica (corrosion tipo uniforme)

Velocidad de Corrosion



Cuando la selección de la clase de acero inoxidable no se ha hecho correctamente, se puede producir la corrosión

...no existen materiales perfectos!

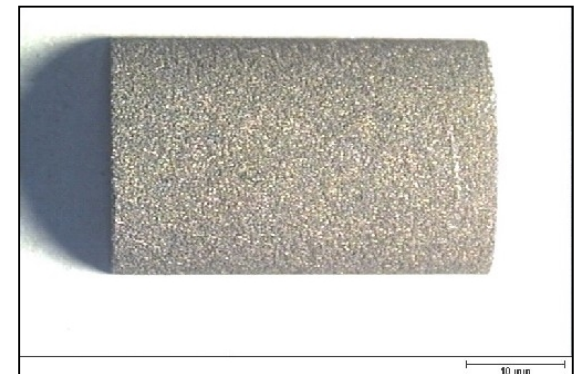
Piensa que es como seleccionar el vehículo adecuado para el uso previsto

Tipos of corrosion de los aceros inoxidables

- a) Uniforme
- b) Picaduras
- c) Intersticial
- d) Galvánica
- e) Intergranular
- f) Agrietamiento por corrosion bajo tensiones

a) ¿Qué es una corrosión uniforme?

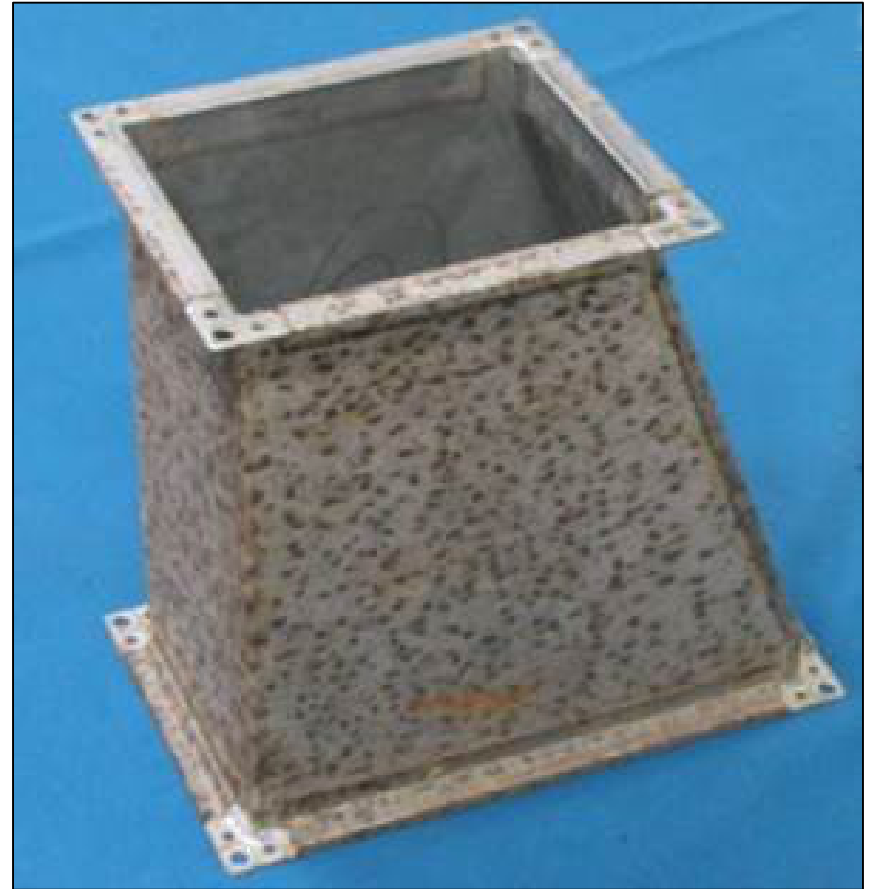
- Cuando la película pasiva es destruida por el medio ambiente agresivo, toda la superficie se corroe de manera uniforme y la pérdida de metal se puede expresar en micras / año
- Esta es típica en aceros al carbono no protegidos .
- No se produce en los aceros inoxidable ,en la industria de la construcción, ya que las condiciones de corrosión nunca son tan agresivos (normalmente se requeriría la inmersión en ácidos para que se produzca)



b) ¿Qué es una corrosión por picaduras? ^{1,2,3,7}

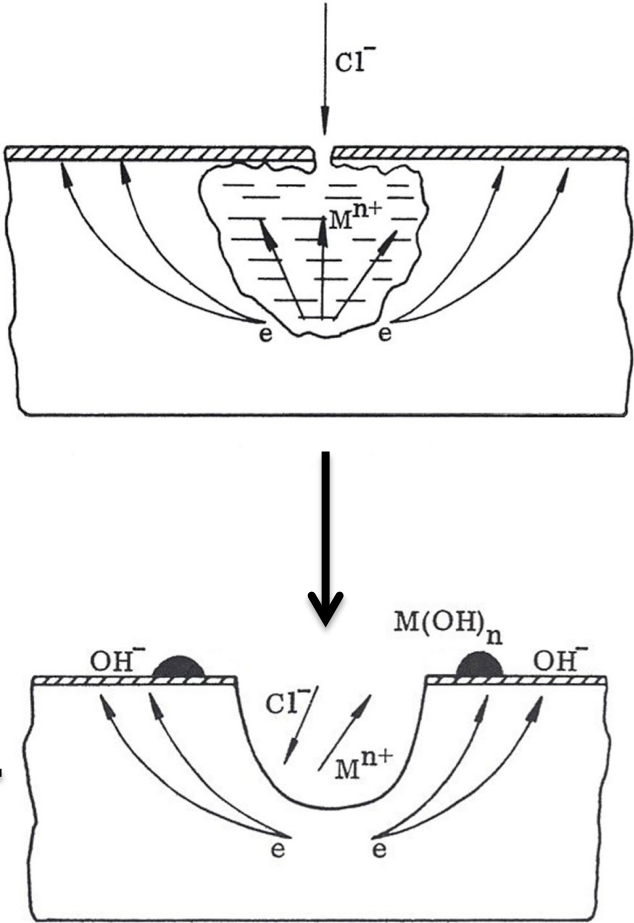
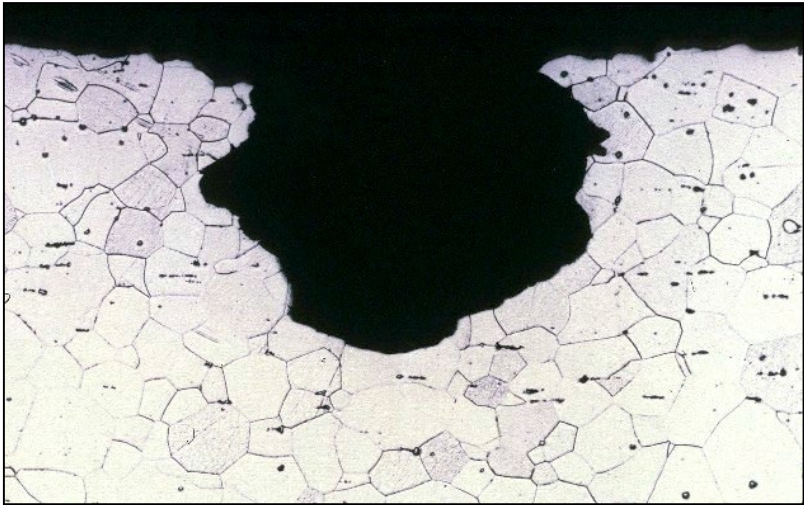
La corrosión por picaduras, o picaduras, es una forma de corrosión extremadamente localizada que conduce a la creación de pequeños agujeros en el metal.

Esta imagen muestra las picaduras del acero inoxidable EN1.4310 (AISI 301), como resultado de una insuficiente resistencia a la corrosión, en un entorno clorado muy agresivo



Mecanismos de la corrosión por Picaduras

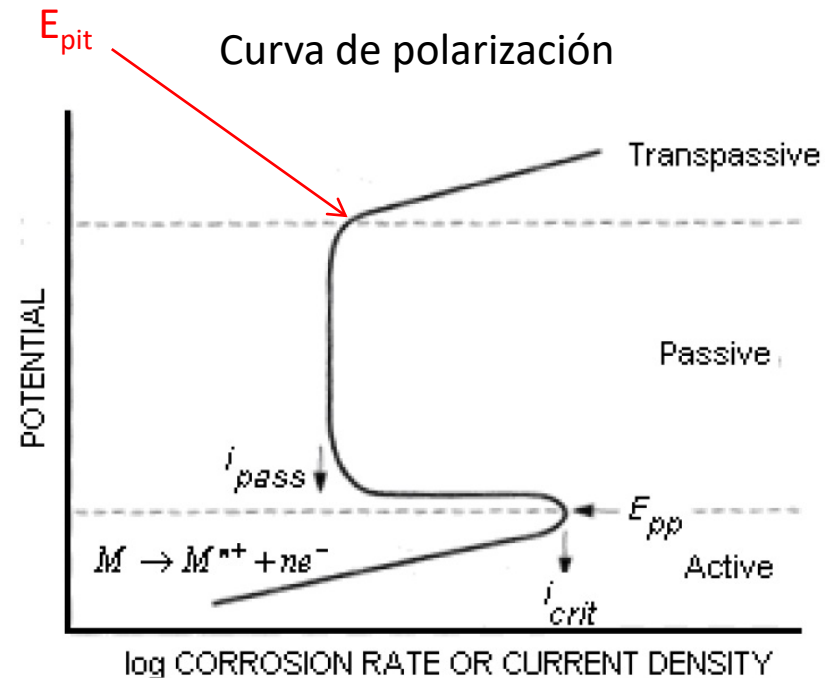
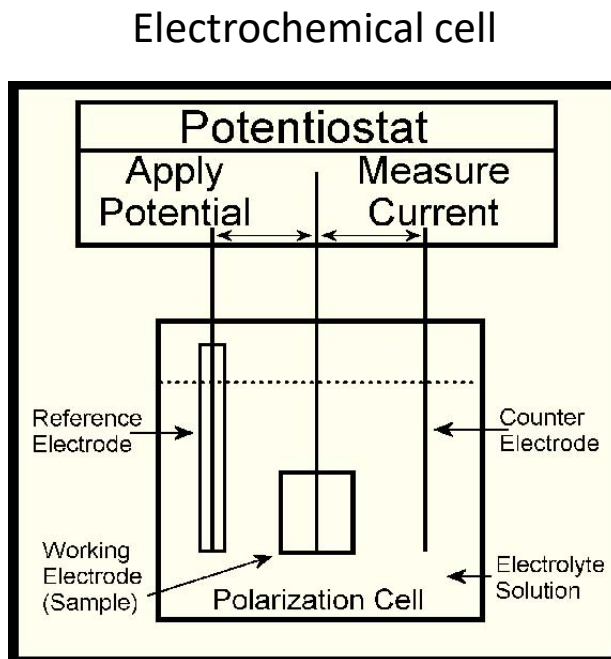
1. Se inicia con la aparición de irregularidades de la superficie o inclusiones no metálicas muy pequeñas
2. Se propaga porque que las reacciones electroquímicas en la cavidad no se ven afectadas por la re-pasivación



Las picaduras pueden ser reproducidas en una celda electroquímica

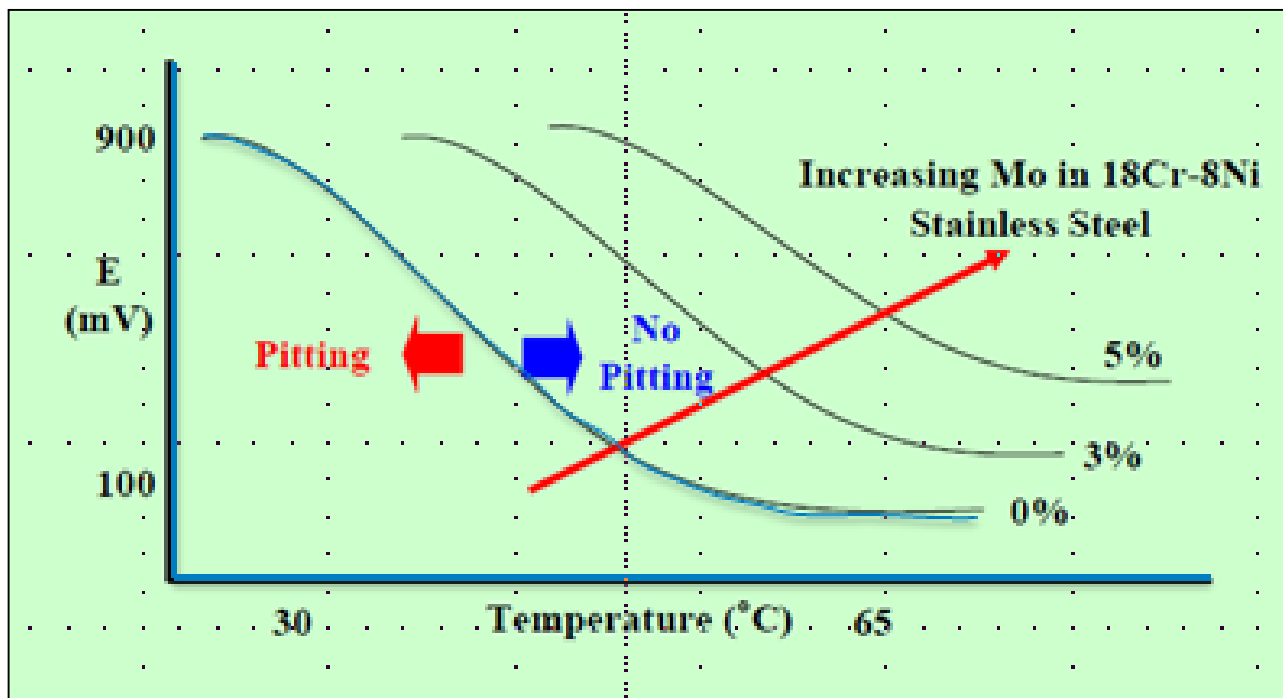
4

- Corrosión implica la disolución del metal, es decir, un proceso electroquímico con
- reacciones electroquímicas en la superficie del metal y
- una corriente entre el metal que se corroe (ánodo) y una parte catódica
- Estos procesos se pueden simular en una celda electroquímica, un dispositivo que permite el estudio de los procesos de corrosión



¿Cuáles son los principales factores que influyen en la corrosión por picadura?
(El potencial de picadura de Epic se utiliza generalmente como el criterio para picaduras)

1. Temperatura



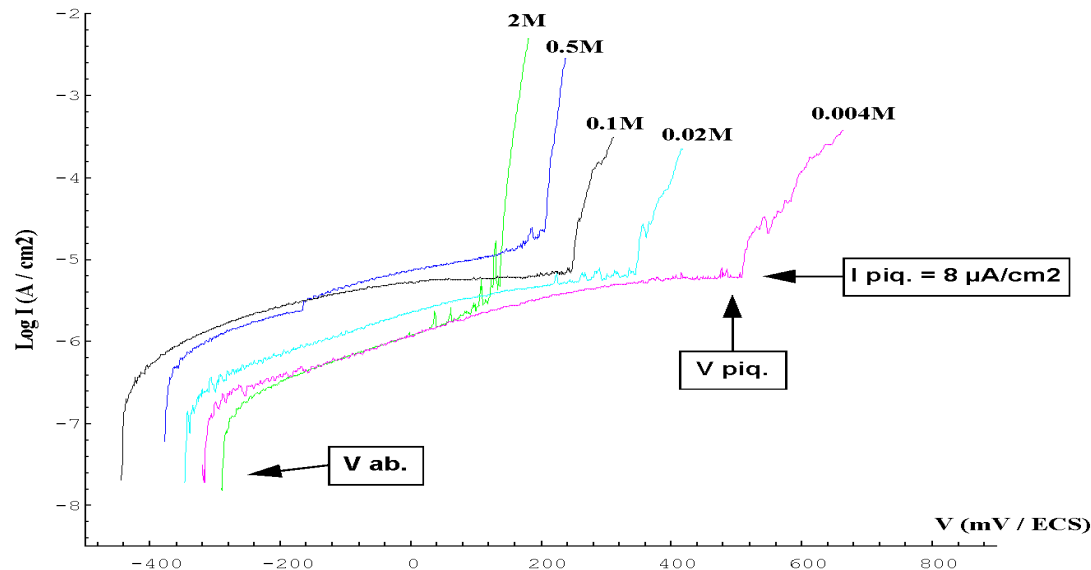
2. El aumento de la temperatura reduce drásticamente la resistencia a la picadura.

Los principales factores que influyen en la corrosión por picadura El potencial de picadura de Epic se utiliza generalmente como el criterio para picaduras)

2. concentración de cloruro

La resistencia a la picadura disminuye a medida que aumenta la concentración de Cl⁻ (el logaritmo de la concentración de Cl⁻)

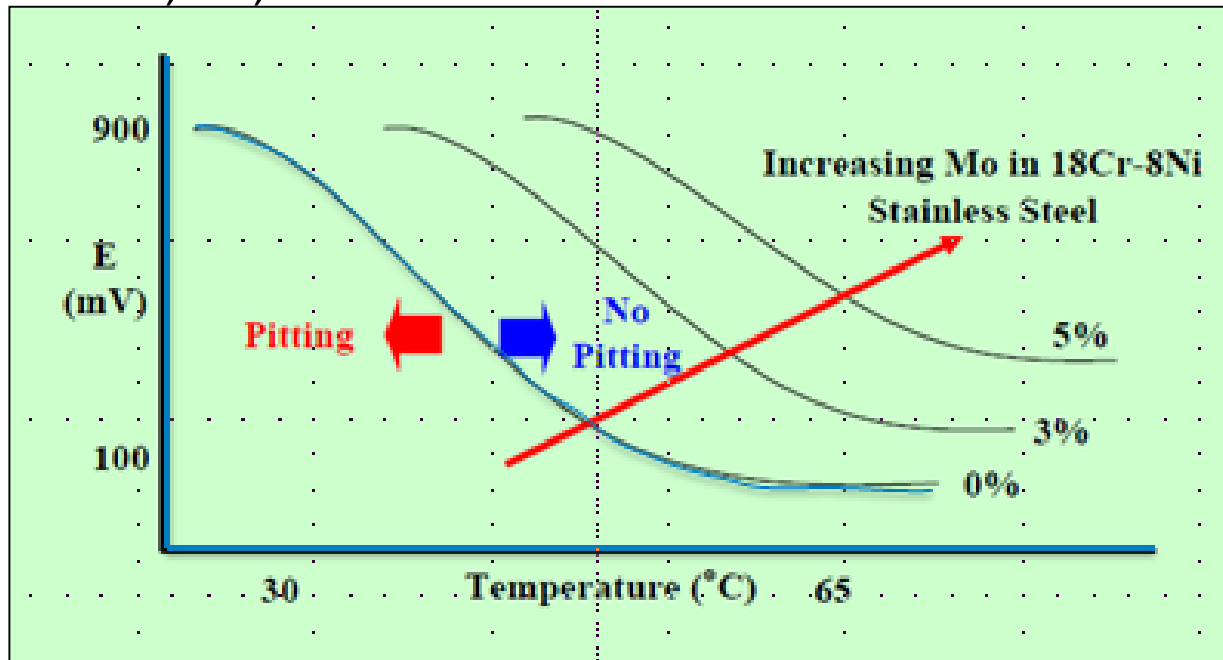
$$E_{\text{pit}} = A \log [\text{Cl}^-] + B$$



Los principales factores que influyen en la corrosión por picadura? (El potencial de picadura de Epic se utiliza generalmente como el criterio para picaduras)

2. Análisis del Acero inoxidable

La resistencia aumenta fuertemente con el contenido de algunos elementos de aleación: N, Mo, Cr



El papel de los elementos de aleación se describe por el PREN (Numero equivalente de Resistencia a Picaduras)

Número equivalente de Resistencia a Picaduras(PREN)⁶

Mediante el cálculo del PREN es posible comparar la resistencia de tipos de acero contra la corrosión por picaduras. Cuanto mayor sea el número, mejor es la resistencia.

Obviamente los PREN por sí solos no se pueden usar para predecir si un tipo en particular será adecuado para una aplicación dada

$PREN = Cr + 3.3Mo + 16N$, donde

Cr = Contenido en cromo

Mo = Contenido en Molibdeno

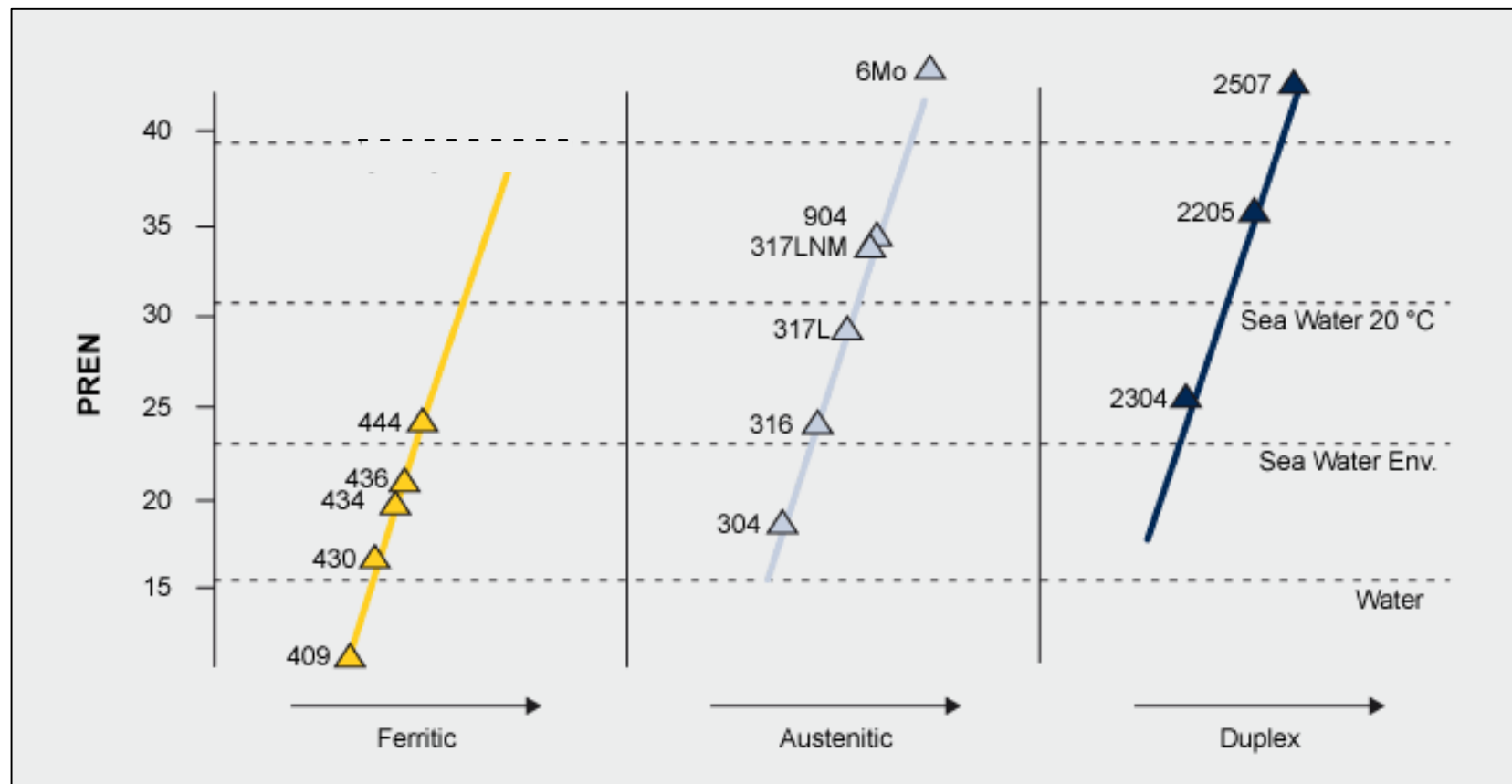
N = Contenido en Nitrógeno

EN	AISI	PREN
1.4003	-	10.5 - 12.5
1.4016	430	16.0 - 18.0
1.4301	304	17.5 - 20.8
1.4311	304LN	19.4 - 23.0
1.4401/4	316/L	23.1 - 28.5
1.4406	316LN	25.0 - 30.3
1.4439	317L	31.6 - 38.5
1.4539	-	32.2 - 39.9
1.4362	-	23.1 - 29.2
1.4462	-	30.8 - 38.1
1.4410	-	40
1.4501	-	40

Tengase en cuenta que la formula del PREN no incluye al Ni.

La resistencia a la corrosión por picaduras no depende en modo alguno del contenido de Ni del acero inoxidable.

PREN de algunos tipos comunes⁹



Los aceros inoxidable Ferríticos pueden competir con los aceros austeníticos 304 y 316 en cuanto a resistencia a corrosión por picadura.

Nota: Por favor, véase el Apéndice de designaciones de las euronormas EN

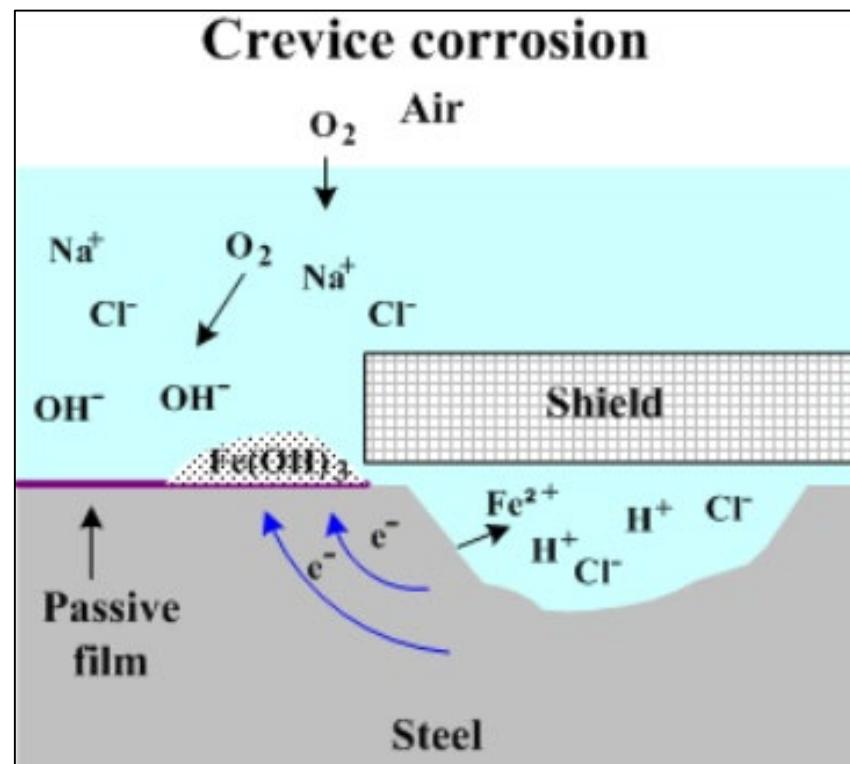
c) ¿Qué es la corrosión Intersticial ¹?

corrosión por hendiduras ó intersticial se refiere a la corrosión que ocurre en espacios confinados a la que el acceso del fluido de trabajo desde el entorno es limitado.

Estos espacios son generalmente llamados hendiduras. Ejemplos de hendiduras son los huecos y áreas de contacto entre las partes, por empaquetaduras o juntas, en el interior de grietas y costuras interiores, espacios donde se localizan depósitos y bajo capas de lodo.

Mecanismos de la Corrosión Intersticial

- Inicialmente, no hay diferencia entre la cavidad y el resto de la superficie
- Las cosas cambian cuando en el interior de la cavidad se agota el oxígeno
- Dentro de la grieta se producen un conjunto de reacciones electroquímicas, con el resultado de aumentar la concentración de Cl^- , disminuyendo el pH local, en la medida en que la pasivación no puede producirse.
- A continuación, el metal dentro en la grieta queda sometido a una corrosión uniforme



Temperatura crítica a la resistencia por Picaduras (CPT)? Temperatura crítica a la corrosión Intersticial (CCT)? de varios tipos austeníticos y dúplex 8

Nota: A mayor temperatura, peor es la resistencia a la corrosión

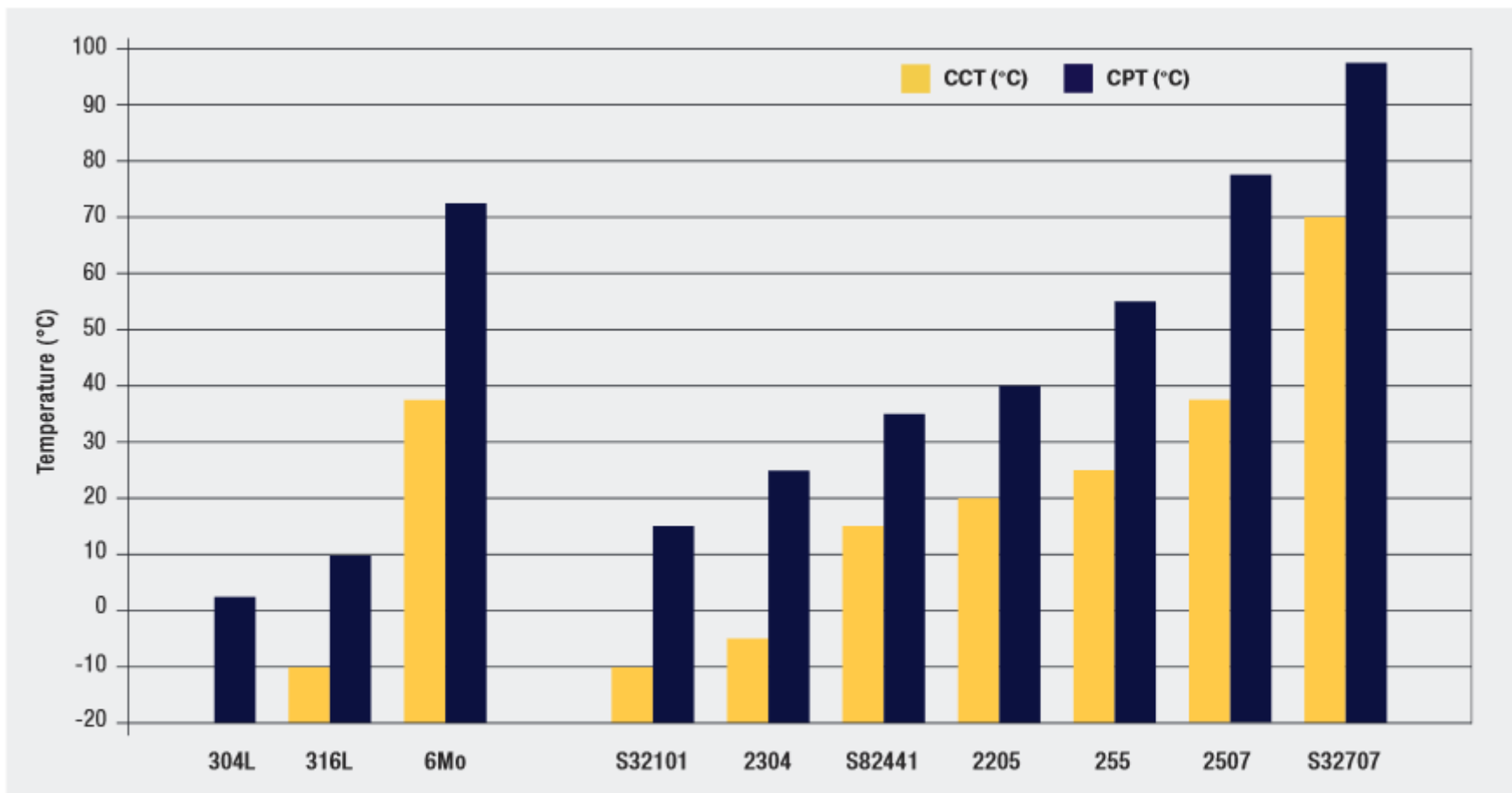


Figure 9: Critical pitting and crevice corrosion temperatures for unwelded austenitic stainless steels (left side) and duplex stainless steels (right side) in the solution annealed condition (evaluated in 6% ferric chloride by ASTM G 48).

Nota: Por favor, véase el Apéndice de designaciones de las euronormas EN

Cómo evitar la corrosión intersticial

Optimizar el diseño:

1. Utilice las piezas soldadas.
2. Diseñar para un completo drenaje de espacios
3. Limpieza para eliminar los depósitos (cuando sea posible)
4. Seleccionar un acero inoxidable resistente a la corrosión adecuado (véase la parte 4 de este capítulo)

d) ¿Qué es la corrosión Galvánica ¹? (también conocida como corrosión bimetálica)



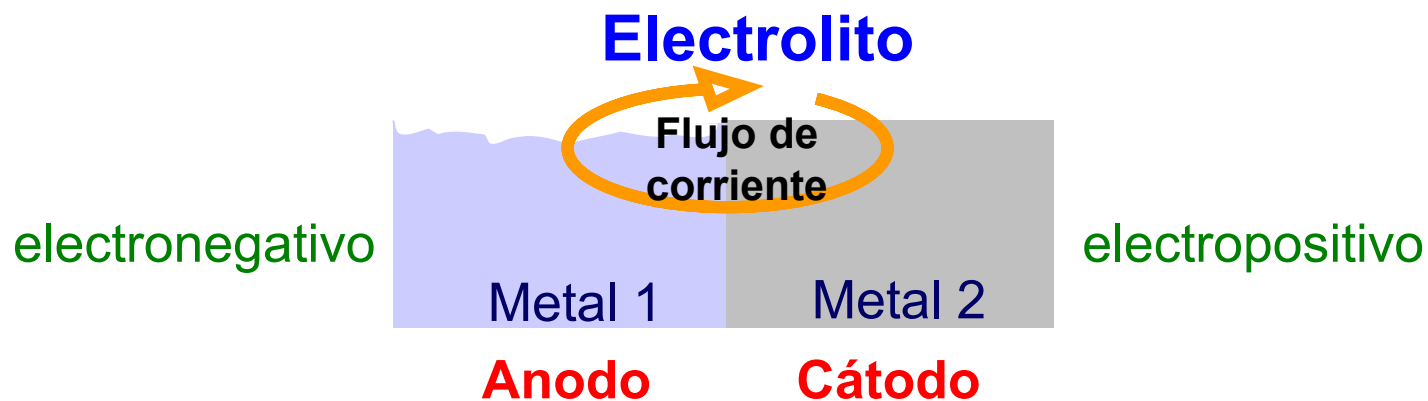
La corrosión que puede ocurrir cuando dos metales con potenciales galvánicos muy diferentes están en contacto directo.

El metal más anódico es el atacado

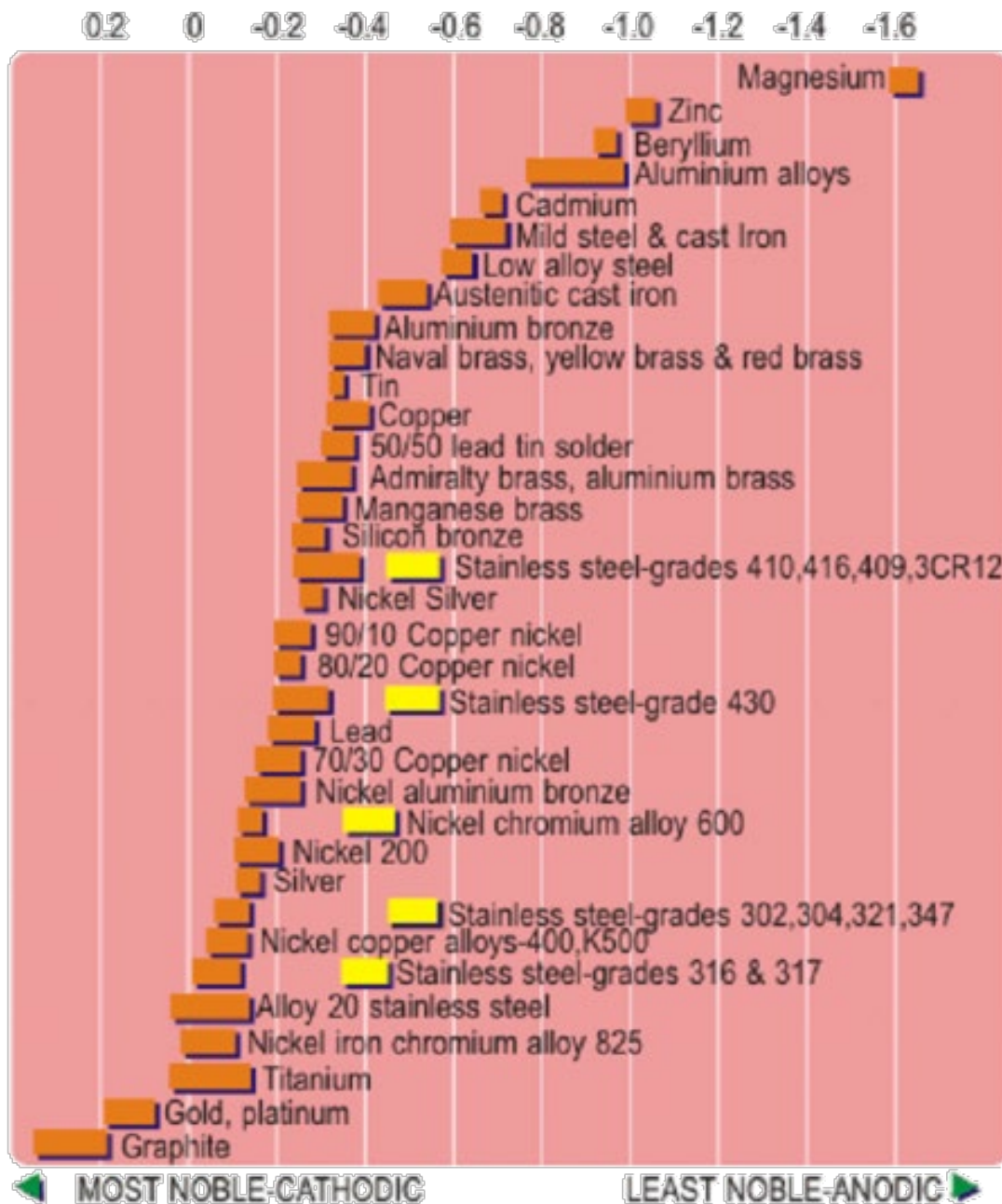
Ejemplo en la foto de la izquierda: La placa de acero inoxidable se asegura a un recipiente de acero inoxidable, con pernos de acero dulce - Lo que resulta en la corrosión galvánica de los pernos en presencia de humedad, (= electrolito)

Mecanismo de la corrosión galvánica

- Cada metal tiene un potencial característico cuando se sumerge en un electrolito (medido contra un electrodo de referencia.)
- Cuando 2 metales están conectados con un líquido conductor (humedad es suficiente):
- Y los 2 metales tienen potenciales muy diferentes
- La corriente fluirá desde el más electronegativo (ánodo) al más electropositivo (cátodo).
- Si el área del ánodo es pequeña se producirá la disolución del metal



Series de potenciales galvánicos de metales en agua de mar.



Reglas básicas sobre cómo evitar la corrosión galvánica

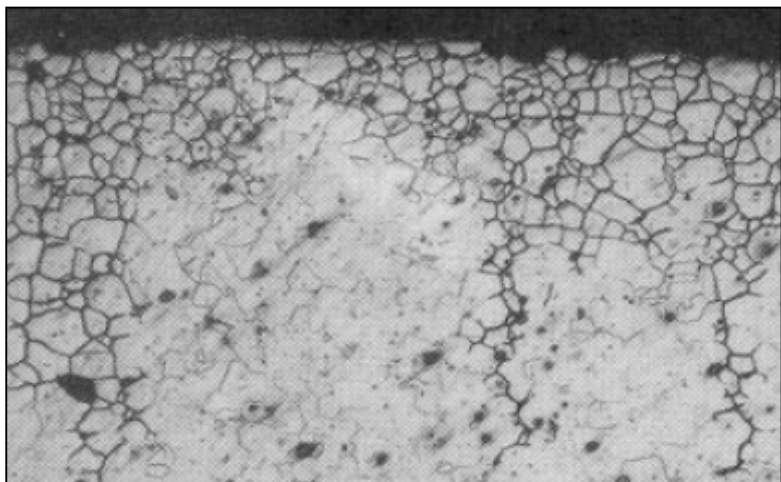
- Evitar ,en lo posible ,uniones de metales diferentes
- Cuando dos metales diferentes están en contacto asegurarse de que el metal menos noble (ánodo) tenga un área de superficie mucho más grande que el metal más noble (cátodo)

Ejemplos:

- Utilizar sujeciones de acero inoxidable con piezas de aluminio y elementos de fijación (no de aluminio para acero)
- Igualmente entre el acero inoxidable y acero al carbono

e) ¿Qué es la corrosión Intergranular¹?

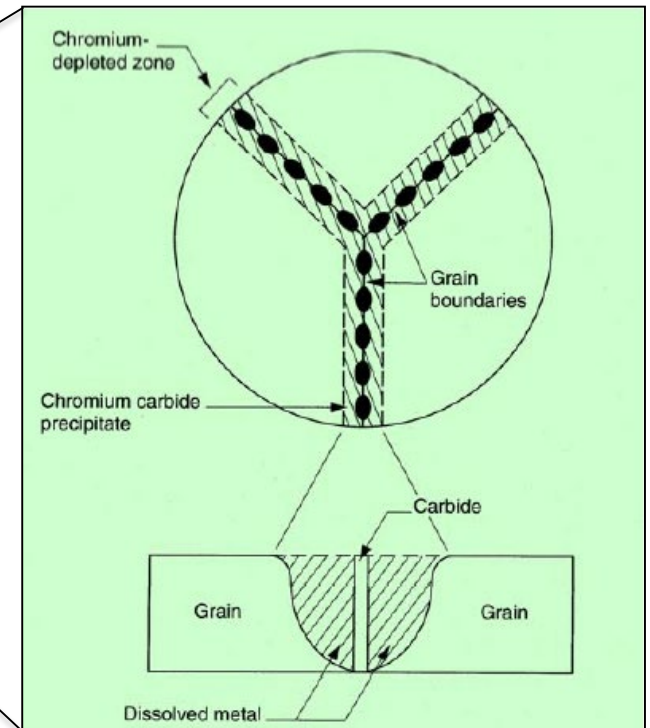
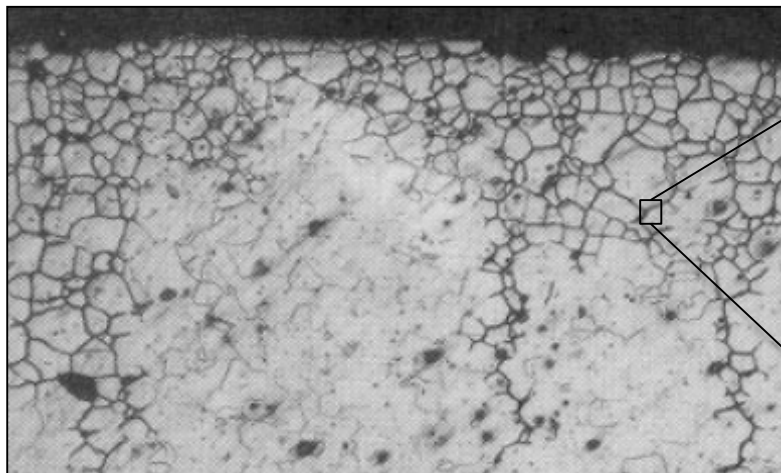
- El ataque intergranular es causado por la formación de carburos de cromo (Fe, Cr₂₃C₆ en los límites de grano, lo que reduce el contenido de cromo y la estabilidad de la capa pasiva.



En las micrografías anteriores, las probetas de aceros inoxidable se pulieron y después se grabaron con un medio fuertemente ácido. La red de líneas negras corresponde a un fuerte ataque químico de los límites de grano que presentan una resistencia a la corrosión mucho más bajo que los propios granos

En hormigones de alto PH contaminados con cloruros, el corrugado de acero inoxidable NO INCREMENTA de manera significativa la posible corrosión del acero al carbono debido al par galvánico. Ver referencias en www.stainlesssteelrebar.org

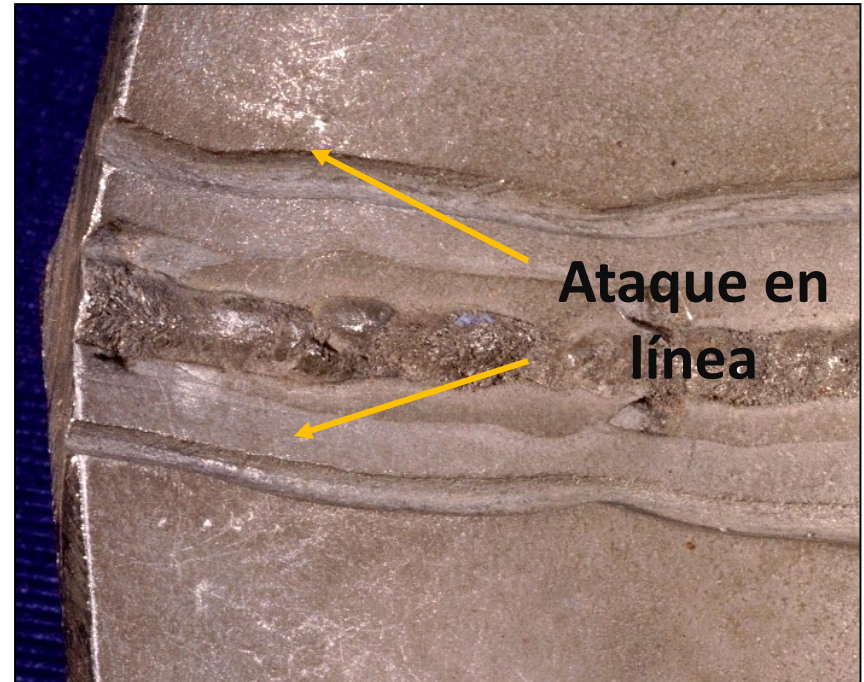
Vista esquemática de la reducción de Cr en los límites de grano



¿Cuándo ocurre la corrosión Intergranular?

- Los aceros inoxidable adecuadamente fabricados no son propensos a la corrosión intergranular
- Puede producirse por el calor en la zona afectada de una soldadura (a cada lado de un cordón de soldadura) cuando :
 - El contenido de carbono es alto
 - Y el acero no sea estabilizado (por contenidos de Ti, Nb, Zr * que “atrapan” el carbono en la matriz, evitando su precipitación en carburos de cromo, en los bordes de grano)

*Esta es la razón de que haya tipos de aceros inoxidable que contienen Ti, y/ó Nb, y/ó Zr, tipos llamados "estabilizados"



Deterioro de la soldadura

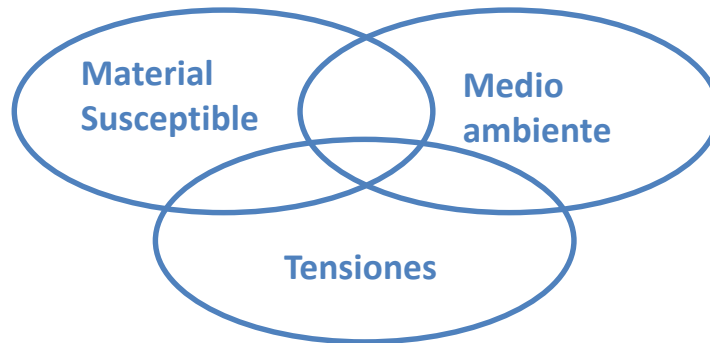
[Para obtener más información sobre soldadura y otros métodos de unión, por favor diríjase al Módulo 09](#)

Cómo evitar la Corrosion Intergranuular

- Utilice tipos con bajos contenidos de carbono, por debajo de 0,03% para los austeníticos.
- Ó el uso de tipos ferríticos y austeníticos estabilizados
- Ó para los austeníticos, llevar a cabo un tratamiento de recocido por disolución (a 1050 ° C se disuelven todos los carburos) ,seguido de inactivación. (Esto sin embargo es por lo general poco práctico.

f) ¿Qué es la Corrosion bajo tensiones¹ (SCC)?

- El agrietamiento súbito y fallo de un componente sin deformación.
- Esto puede ocurrir cuando
 - El elemento está sometido a tensiones (por una carga aplicada o por una tensión residual)
 - El medio ambiente es agresivo (alto nivel de cloruro, temperatura superior a 50 ° C)
 - El acero inoxidable no es suficientemente resistente a la corrosión bajo tensiones SCC

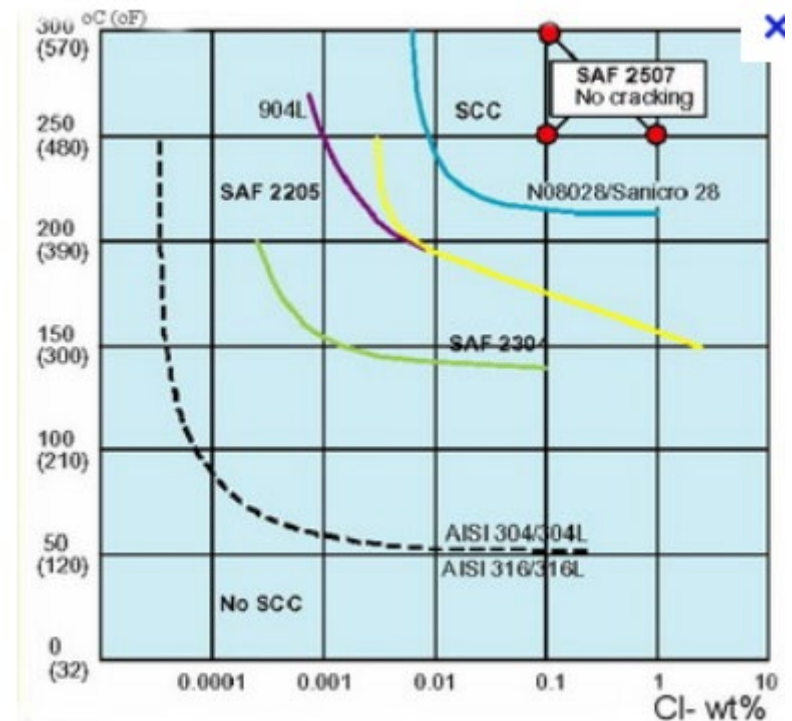


Los tipos de aceros inoxidables ferríticos y dúplex (austeno-ferríticos) ,son inmunes a la corrosión bajo tensiones SCC

Mecanismo de la corrosion bajo tensiones (SCC)

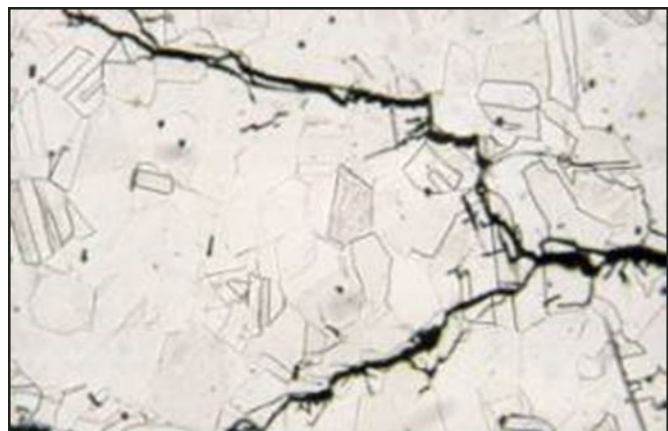
La acción combinada de las condiciones ambientales (cloruros/ temperatura elevada) y tensiones - Ya sea por carga aplicada, residuales ó ambas causan la siguiente secuencia de eventos:

1. Aparece una picadura
2. Comienza una grieta desde el lugar de inicio de la picadura.
3. Las grietas se propagan a través del metal de forma intergranular ó transgranular.
4. Se produce un fallo del elemento



Nota: Por favor, véase el Apéndice de designaciones de las euronormas EN

Evitar la corrosión bajo tensiones – Dos formas:



Agrietamiento por corrosión bajo tensiones inducida por cloruros en los aceros inoxidable austeníticos estándar, a saber. 1.4301/304 o 1.4401 /316

+Ni
+Mo

1.4539
1.4547 (6Mo)

+Cr

Seleccionar tipos duplex , con precios más estables (por contener menos nickel)

1.4462
1.4410
1.4501

Seleccionar tipos austeníticos con mayores contenidos de Ni y Mo (mayor resistencia a la corrosion)

Aceros inoxidable ferríticos y dúplex son inmunes a la corrosión bajo tensiones (debido a que la fase ferrita no es sensible a este tipo de corrosión, como lo es la austenita).

Para más información sobre estos tipos de acero inoxidable, por favor vaya al Módulo 04

4. ¿Cómo seleccionar el tipo correcto de acero inoxidable resistente a la corrosión adecuada?

Dos situaciones diferentes:

1. Aplicaciones estructurales ^(10a)
2. Otros usos ^(10b)

4 – 1 Aplicaciones estructurales

El Eurocódigo 1-4 proporciona un procedimiento para la selección de un tipo apropiado de acero inoxidable para el entorno de servicio de los elementos estructurales. (Tenga en cuenta que en el momento actual - es decir, Nov 2014 - las recomendaciones del Grupo de Evolución de EN 1993-1-4 no han sido todavía hechas obligatorias)

Este procedimiento se presenta en las siguientes diapositivas

Se aplica a:

- Elementos que soportan cargas
- Uso exterior
- Entornos con frecuente inmersión en agua de mar
- PH entre 4 and 10
- Sin exposición a corriente de flujo con procesos químicos

Cómo se produce el proceso

1. El entorno es evaluado por un Factor de resistencia a corrosión (CRF) compuesto por 3 sumandos ($CRF = F1 + F2 + F3$) donde
 - a) F1 tasa el riesgo de exposición a cloruros de agua salina ó sales de deshielo
 - b) F2 tasa el riesgo de exposición a dióxido de azufre
 - c) F3 tasa el regimen de limpieza ó exposición al lavado por lluvia
2. Una tabla de correspondencias indica para un CRF la clase CRC correspondiente
3. Los tipos de acero inoxidable se encuentran en las clases de resistencia a la corrosión (CRC) ,I a V de acuerdo con el valor de CRF

Las tablas se muestran en las siguientes 4 diapositivas

F₁ Riesgo por exposición a Cl (Agua salada ó sales de deshielo)

Nota: M es la distancia al mar y S es la distancia a carreteras donde se utilizan sales para el deshielo

1	Ambiente controlado	
0	Bajo riesgo de exposición	M > 10 km ó S > 0.1 km
-3	Riesgo medio de exposición	1 km < M ≤ 10 km ó 0.01 km < S ≤ 0.1 km
-7	Alto riesgo de exposición	0.25 km < M ≤ 1 km ó S ≤ 0.01 km
-10	Muy alto riesgo de exposición Los túneles de carretera donde se utiliza la sal de deshielo ó vehículos puedan trasladar las sales de deshielo por el interior del túnel	
-10	Muy alto riesgo de exposición Costa Norte de Alemania Todas las areas costeras del Báltico	M ≤ 0.25 km
-15	Muy alto riesgo de exposición Costa Atlántica de Portugal, España, Francia Costa de Reino Unido , Francia , Belgica, Paises Bajos, Sur de Suecia Todas las areas costeras de Reino Unido , Noruega , Dinamarca e Irlanda Costa Mediterranea	M ≤ 0.25 km

F₂ Riesgo de exposición al Dióxido de azufre

Nota: para ambientes costeros europeos el valor de dióxido de azufre es generalmente bajo. Para ambientes interiores el valor de dióxido de azufre es bajo o medio. La alta clasificación es poco común y se asocia con localizaciones industriales especialmente duras o entornos específicos, como los túneles de carretera. La deposición de dióxido de azufre puede ser evaluada de acuerdo con el método en la norma ISO 9225.

0	Bajo riesgo de exposición	($<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deposición media)
-5	Riesgo medio de exposición	($10 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deposición media)
-10	Alto riesgo de exposición	($90 - 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deposición media)

F₃ Regimen de limpieza ó exposición al lavado por agua de lluvia

(Si $F_1 + F_2 = 0$, entonces $F_3 = 0$)

0	Totalmente expuesto a la lluvia
-2	Con regimen especifico de limpieza
-7	No lavado por la lluvia ó sin regimen específico de limpieza







Tabla de correspondencias

Tabla A.2: Determinación de la Clase de Resistencia a Corrosion - CRC	
Factor de Resistencia a Corrosion (CRF)	Clase de Resistencia a Corrosion (CRC)
CRF = 1	I
$0 \geq \text{CRF} > -7$	II
$-7 \geq \text{CRF} > -15$	III
$-15 \geq \text{CRF} \geq -20$	IV
CRF < -20	V

Clases de Resistencia a Corrosión de aceros inoxidable

Tabla A.3: Tipos en cada Clase de Resistencia a Corrosion - CRC

	Clases de Resistencia a Corrosion CRC			
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4539	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4462	1.4547
	1.4541	1.4571		1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4578		
	1.4482	1.4662		
		1.4362		
		1.4062		
		1.4162		

	Ferriticos		Austeniticos		Mo Austeniticos
	Lean duplex		Super Austeniticos		Duplex/super duplex

Notas: Nota: Por favor, véase el Apéndice de designaciones de las euronormas EN
Este método no se aplica para piscinas

4 -2 Otros Usos

- No existen regulaciones específicas aplicables
- La selección de tipo debe ser adecuada para el uso esperado
- Tres maneras de hacer esto:
 - Preguntar a un experto
 - Obtener ayuda de las asociaciones de desarrollo de acero inoxidable
 - Descubre casos exitosos en entornos similares (generalmente disponibles)

Selección de tipo de acero en Arquitectura¹⁰

Precaución: NO es aplicable cuando :

- La apariencia no preocupa
- La Integridad estructural es la principal condición (Entonces ir a 4 – 1)

Cómo se procede

- Se debe calcular una evaluación
- Para cada evaluación corresponde una lista de los tipos de acero inoxidable recomendados

Los criterios utilizados en la puntuación de la evaluación (ver las siguientes diapositivas):

- i. Contaminación ambiental
- ii. Exposición a la costa ó sales de deshielo
- iii. Patrón de clima local
- iv. Consideraciones del diseño
- v. Plan de mantenimiento

i. Contaminación ambiental

Puntuación	
	Rural
0	Sin contaminación ó muy baja
	Contaminación urbana (Industria ligera, gases de escapes de automóviles)
0	Baja
2	Moderada
3	Alta *
	Contaminación Industrial (Gases agresivos, óxidos de hierro, productos químicos , etc.)
3	Baja ó moderada
4	Alta *

* Localización potencial altamente corrosiva. Disponer de un experto en inoxidable para evaluar la localización.

ii. A) Exposición en la Costa

Puntuaciones	
	Exposición en la costa ó a sal marina
1	Baja (>1.6 a 16 km (1 to 10 millas) del agua de mar) **
3	Moderada (30m to 1.6 km (100 pies to 1 milla) del agua de mar)
4	Alta (<30m (100 pies) del agua de mar)
5	Marina (Niebla salina ó salpicaduras ocasionales) *
8	Ambiente marino severo (salpicaduras continuas) *
10	Ambiente marino severo (Inmersión continua) *

* * Potencialmente es una ubicación altamente corrosiva. Haga que un experto en la corrosión del acero inoxidable evalúe el sitio.

** Este rango muestra las distancias en que se encuentran cloruros normalmente por grandes masas de agua salada. Algunos lugares de este tipo están expuestos a cloruros pero otros no .

ii. B) Exposición a sales de deshielo

Points	
	Exposición a sales de deshielo (Distancia a carreteras ó terrenos)
0	No se detectó la sal en una muestra del lugar y no se espera ningún cambio en las condiciones de exposición.
0	Los niveles de tráfico y el viento de las carreteras cercanas son demasiado bajos para llevar los cloruros al lugar y no se utiliza sal de deshielo en las aceras.
1	Muy baja exposición a sales (≥ 10 m a 1 km (33 a 3.280 pies) ó 3 a 60 pisos de altura) **
2	Baja exposición a sales (< 10 a 500 m (33 to 1600 pies) ó 2 a 34 pisos) **
3	Exposición moderada a sales (< 3 a 100 m (10 a 328 pies) ó 1 a 22 pisos) **
4	Alta exposición a sales (<2 a 50 m (6.5 a 164 pies) ó 1 a 3 pisos) * **

* Potencialmente una ubicación altamente corrosiva Haga que un experto en la corrosión del acero inoxidable de evaluar el sitio.

** Este rango muestra la distancia a la que se encuentran concentraciones de cloruros desde pequeñas carreteras rurales y grandes vías de alto tráfico . Comprobar las concentraciones de cloruro superficiales.

Nota: Si están presentes ambas, exposición a sales de deshielo y exposición costera ,por favor consultar a un experto.

iii. Patrón de tiempo local

Puntuaciones	
-1	Temperatura ó climas fríos, con fuertes lluvias regulares
-1	Climas calientes o fríos con la humedad típica por debajo del 50%
0	Temperatura o el clima frío, de vez en cuando fuertes lluvias
0	Muy fuertes lluvias tropicales o subtropicales, húmedo , con fuertes lluvias regulares ó estacionales
1	Alta temperatura, lluvia poco frecuente, la humedad por encima del 50%
1	Lluvia muy ligera ó nieblas frecuentes
2	Caliente, con humedad por encima del 50%, muy baja o ninguna lluvia ***

*** Si también hay sal o exposición a la contaminación, buscar un experto en la corrosión del acero inoxidable para evaluar el lugar.

iv. Consideraciones del Diseño

Puntuaciones	
0	Bien expuesto para una fácil limpieza de desagües
0	Las superficies verticales con un acabado de grano esmerilado en sentido vertical ó ningún grano.
-2	Acabado superficial es decapado , electropulido ó de rugosidad $\leq R_a 0.3 \mu\text{m} (12\mu\text{in})$
-1	Rugosidad superficial $R_a 0.3 \mu\text{m} (12\mu\text{in}) < X \leq R_a 0.5 \mu\text{m} (20\mu\text{in})$
1	Rugosidad superficial $R_a 0.5 \mu\text{m} (20\mu\text{in}) < X \leq R_a 1 \mu\text{m} (40\mu\text{in})$
2	Rugosidad superficial $> R_a 1 \mu\text{m} (40\mu\text{in})$
1	Lugar protegido por cubierta ó con hendiduras no selladas ***
1	Superficies horizontal
1	Acabado esmerilado con grano en dirección horizontal

*** Si también hay sal o exposición a la contaminación, buscar un experto en la corrosión del acero inoxidable para evaluar el lugar.

Esta tabla muestra que la resistencia a la corrosión también depende en el acabado superficial. Para más información sobre los acabados disponibles, vaya al Módulo 08

v. Plan de Mantenimiento

Puntuaciones	
0	Sin lavado
-1	Lavado , al menos natural
-2	Lavado , cuatro ó más veces por año
-3	Lavado al menos mensualmente

Sistema de puntuación para la selección del acero inoxidable

Puntuación total	Selección de Acero inoxidable
0 to 2	Tipo 304/304L es en general la alternativa más económica
3	Tipo 316/316L ó AISI 444 en general la alternativa más económica
4	Se recomienda el tipo 317L ó aleación más resistente a la corrosión
≥ 5	Un tipo de acero inoxidable más resistente como 4462, 317LMN, 904L, súper dúplex, super ferrítico o un 6% de molibdeno súper austenítico puede ser necesario.

Nota: Por favor, véase el Apéndice de designaciones de las euronormas EN

De la correcta selección del tipo de acero inoxidable dependerá la durabilidad, necesidad de mantenimiento, vida de servicio con un coste de ciclo de vida bajo y excelente sostenibilidad.

Más información sobre sostenibilidad en Módulo 11

Conclusión

- La selección adecuada del tipo correcto de acero inoxidable para la aplicación y el medio ambiente previstos ,merece atención.
- Cuando se hace esto, el acero inoxidable ofrece una vida útil ilimitada sin mantenimiento.

En el [Módulo 2](#) encontrará una gran variedad de aplicaciones de éxito del acero inoxidable y en el [Módulo 1](#) ¡arte atemporal por todo el mundo!

5. Referencias

1. Un excelente curso sobre la corrosión. Por favor mira los capítulos 7 (corrosión galvánica), 8 (corrosión intergranular), 11 (corrosión intersticial) 12 (picaduras) 14 (corrosión bajo tensión) y 15 (corrosión bajo tensiones en los aceros inoxidables) <http://corrosion.kaist.ac.kr/download/2008-1/chap11.pdf>
2. Nociones básicas sobre corrosión de NACE <http://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Course.htm#Scope>
3. Curso online sobre corrosión http://www.corrosionclinic.com/corrosion_online_lectures/ME303L10.HTM#top
4. Información sobre ensayos electroquímicos <http://mee-inc.com/esca.html>
5. Ugitech: Comunicación privada
6. BSSA (British Stainless Steel Association) sitio web "Cálculo del Número equivalente de corrosión por picaduras (PREN)" <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=111>
7. Sobre corrosión por picaduras https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45442/FrankelG_JournalElectrochemicalSociety_1998_v145n6_p2186-2198.pdf?sequence=1
8. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex_Stainless_Steel_3rd_Edition.pdf
9. http://www.imoa.info/molybdenum_uses/moly_grade_stainless_steels/steel_grades.php
10. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA_Houska-Selecting_Stainless_Steel_for_Optimum_Performance.pdf
11. http://www.aiadetroit.com/~aiadetro/images/stories/demo/rokbox/BECPDF/2011_aia_deicing_detroit.pdf
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_corrosion
13. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=668>
14. http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0812_duplex.pdf
15. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/grades/duplex/Pages/default.aspx>
16. http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex_Maastricht_EN-22p-7064Ko.pdf
17. a) Composición química de productos planos de acero inoxidable para aplicaciones generales en EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44>; b) Composición química de productos largos de acero inoxidable para aplicaciones generales en EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>

Apéndice: Designaciones¹⁷

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/Brand
Ferritic stainless steels - standard grades					
X2CrNi12	1.4003		S40977		3CR12
X2CrTi12	1.4512	409	S40900		
X6CrNiTi12	1.4516				
X6Cr13	1.4000	410S	S41008		
X6CrAl13	1.4002	405	S40500		
X6Cr17	1.4016	430	S43000		
X3CrTi17	1.4510	439	S43035		
X3CrNb17	1.4511	430N			
X6CrMo17-1	1.4113	434	S43400		
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	S44400		
Martensitic stainless steels - standard grades					
X12Cr13	1.4006	410	S41000		
X20Cr13	1.4021	420	S42000		
X30Cr13	1.4028	420	S42000		
X3CrNiMo13-4	1.4313		S41500	F6NM	
X4CrNiMo16-5-1	1.4418				248 SV
Martensitic and precipitation-hardening steels - special grades					
X5CrNiCuNb16-4	1.4542		S17400		17-4 PH

EN Designation		Alternative Designations			
Steel name	Steel number	AISI	UNS	Other US	Generic/Brand
Austenitic stainless steels - standard grades					
X10CrNi18-8	1.4310	301	S30100		
X2CrNi18-9	1.4307	304L	S30403		
X2CrNi19-11	1.4306	304L	S30403		
X2CrNiN18-10	1.4311	304LN	S30453		
X5CrNi18-10	1.4301	304	S30400		
X6CrNiTi18-10	1.4541	321	S32100		
X4CrNi18-12	1.4303	305	S30500		
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	316LN	S31653		
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	S31600		
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316Ti	S31635		
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	316L	S31603		
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	317L			
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539		N08904		904L
Austenitic-ferritic stainless steels-standard grades					
X2CrNiN22-2	1.4062		S32202		DX 2202
X2CrMnNiMoN21-5-3	1.4482		S32001		
X2CrMnNiN21-5-1	1.4162		S32101		2101 LDX
X2CrNiN23-4	1.4362		S32304		2304
X2CrNiMoN12-5-3	1.4462		S31803/	F51	2205
			S32205		

Nota: Esta es una tabla simplificada. Para los tipos especiales, por favor vaya a la referencia

Gracias