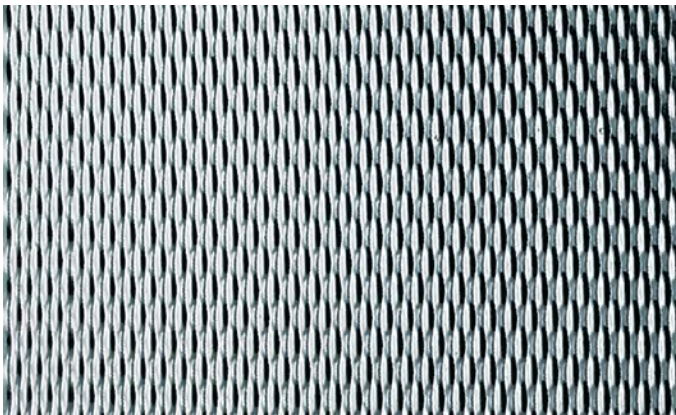


Cuales Aceros Inoxidables Deben Especificarse para Aplicaciones en Exteriores

El acero inoxidable es uno de los materiales más durables que se emplean en la arquitectura. Sin embargo, el acero inoxidable no es un único material; existen distintos tipos diferentes con diferentes propiedades y, lo más importante, diferentes niveles de resistencia a la corrosión. Si se selecciona un adecuado acero inoxidable con un adecuado acabado superficial y un buen diseño, además de un adecuado mantenimiento, la apariencia del material permanecerá virtualmente inalterada durante la vida de la aplicación, aún cuando ésta se extienda por más de 100 años.

Por el contrario, si se selecciona un inadecuado acero y/o acabado superficial, la corrosión puede ser un problema. Aún cuando puede no afectar adversamente la integridad estructural, la corrosión puede ser antiestética e incrementa los requerimientos de mantenimiento. Este manual proporciona una guía para evaluar los proyectos y determinar cuales aceros inoxidables deben ser especificados.

Se recomienda examinar de cerca las instalaciones en acero inoxidable y determinar su historial de mantenimiento antes de usar el *Sistema de Evaluación del Lugar y Diseño (Site And Design Evaluation System)* contenido en este manual. Es prudente el confirmar las predicciones hechas con este sistema de evaluación exponiendo algunas muestras en el sitio, esto debido a que algunas variables son difíciles de predecir. Se sugiere que las muestras simulen el diseño propuesto y que se expongan durante un período de cuatro a seis meses. El tiempo de exposición puede reducirse a seis semanas en lugares con condiciones muy severas, tal como el marino o industrial. Estudios de casos que ilustran la aplicación de este sistema de evaluación, están disponibles en el IMINOX y en el IMO A.



Sistema de Evaluación del Lugar y Diseño

Introducción

En las aplicaciones arquitectónicas, los requerimientos de apariencia y comportamiento deben ser balanceados contra las consideraciones presupuestales del costo efectivo de la especificación de un material. Las instrucciones de este manual asumen que el manchado del acero inoxidable es estéticamente inaceptable aún cuando no exista deterioro estructural.

Para identificar un acero inoxidable que cumpla con el costo efectivo y con las exigencias estéticas, es necesario evaluar tanto el ambiente del lugar como el clima, así como el acabado superficial y diseño, además del probable programa de mantenimiento. *El Sistema de Evaluación del Lugar y Diseño*, proporciona una evaluación inicial de la susceptibilidad a la corrosión a la que puede estar expuesto un proyecto, y hacer que los diseñadores estén al tanto de los factores que influyen en la selección de un acero inoxidable.

Instrucciones

El Sistema de Evaluación del Lugar y Diseño está basado en la experiencia, práctica y en estudios de exposición atmosférica. Evaluar un lugar y la aplicación puede ser complejo. Algunos lugares que se encuentran cercanos pueden tener diferentes requerimientos debido a condiciones localizadas o microclima. La calificación debe observarse como una guía que proporciona una evaluación inicial de los requerimientos de un acero inoxidable. No es una determinación científica precisa.

El Sistema de Evaluación tiene cinco secciones. Hay que leer la información de respaldo de cada sección y determinar entonces la puntuación de la sección utilizando el sistema de puntos adjunto. Al final sumar todas las secciones para obtener la Puntuación Total. Comparar la Puntuación Total con *La Selección de Aceros Inoxidables* de la página 4.

Si las características de diseño, programa de mantenimiento o exposición de diferentes componentes varían significativamente, se deberá determinar una calificación para cada componente.

Si la presencia de contaminación corrosiva o sal (cloruros) no puede determinarse únicamente analizando el lugar, un laboratorio puede analizar la superficie de una muestra que no haya sido limpiada y que haya sido obtenida del lugar. La muestra debe tener un largo tiempo sin haber recibido ningún tipo de limpieza superficial. Se debe tener mucho cuidado durante la recolección y manejo de las muestras para evitar la remoción accidental de los depósitos superficiales.

¿Cuándo Necesito a un Experto en Corrosión de los Aceros Inoxidables?

Si existe alguna incertidumbre acerca de la evaluación del proyecto o si la locación aparenta ser particularmente corrosiva, un experto en corrosión de los aceros inoxidables con experiencia en arquitectura, debe evaluar el lugar así como los planos para poder recomendar un adecuado acero inoxidable. El Instituto del Níquel (NiDI) o alguna asociación que se dedique al desarrollo del mercado del acero inoxidable, pueden referenciar a algún experto. (Ver página 6 para información de los contactos.) Condiciones particularmente corrosivas incluyen:

- Ocasional o regular exposición a agua de mar o salpicaduras de sal de deshielo, inmersión o rocío de sal.
- Altos niveles de contaminación rural o urbana
- Exposición tanto a sal de la costa como de deshielo
- Lugares calientes y húmedos contaminados o con exposición a la sal y con muy poca o nula precipitación pluvial
- Lugares y diseños cuya Puntuación Total sea 5 o mayor

Sistema de Evaluación

Puntos	Sección 1: Ambiente (Seleccionar la calificación aplicable más alta)	Puntuación
	Rural	
0	Muy baja o nula contaminación	
	Contaminación Urbana (Industrias ligeras, emisiones de automóviles)	
0	Baja	
2	Moderada	
3	Alta *	
	Contaminación Industrial (Gases agresivos, óxidos de hierro, químicos, etc.)	
3	Baja o moderada	
4	Alta *	
	Sección 2: Exposición a la costa o a sal de deshielo (Seleccionar la calificación más alta). Si existe una exposición a ambos, obtener asistencia de un experto en corrosión de los aceros inoxidables	Puntuación
	Exposición a Sal del Mar o de la Costa	
1	Baja (>1.6 a 16 km (1 a 10 millas) del agua salada) **	
3	Moderada (30 m a 1.6 km (100 pies a 1 milla) del agua salada)	
4	Alta (< de 30 metros (100 pies) del agua salada)	
5	Marina (Algún rocío u ocasionales salpicaduras) *	
8	Marina severa (Salpicaduras continuas) *	
10	Marina severa (Inmersión continua) *	
	Exposición a Sal de Deshielo (A distancia de caminos o el suelo)	
0	No se detectó sal en la superficie de la muestra y no se esperan cambios en las condiciones de exposición	
0	El nivel de tráfico de los caminos cercanos es muy poco para generar bruma y los vientos son muy ligeros como para acarrear cloruros hasta la ubicación, además de que no se utiliza sal para derretir el hielo de las banquetas.	
1	Muy baja exposición a la sal (≥ 10 m a 1 km (33 a 3,280 ft) ó 3 a 60 pisos) **	
2	Baja exposición a la sal (< 10 a 500 m (33 a 1600 ft) ó 2 a 34 pisos) **	
3	Moderada exposición a la sal (< 3 a 100 m (10 a 328 ft) ó 1 a 22 pisos) **	
4	Alta exposición a la sal (≤ 2 a 50 m (6.5 a 164 ft) ó 1 a 3 pisos) * **	
	Sección 3: Clima Local Estándar (Seleccionar solo uno)	Puntuación
-1	Climas templados o fríos, regulares aguaceros	
-1	Climas calientes o fríos con humedad típicamente por debajo del 50%	
0	Clima frío o templado con ocasionales aguaceros	
0	Tropical o subtropical, mojado con regulares aguaceros o por temporadas	
1	Climas templados, aisladas lluvias, humedad superior al 50%	
1	Regulares lloviznas o niebla frecuente	
2	Caliente, humedad por encima del 50%, mínimas o nulas lluvias ***	
	Sección 4: Consideraciones del diseño (Seleccionar las que apliquen)	Puntuación
0	Muy expuesto para una fácil limpieza de la lluvia	
0	Superficies verticales con pulido vertical o sin él	
-2	La superficie está decapada, electropulida o con una rugosidad $\leq R_a$ 0.3 μ m (12 μ in)	
-1	Acabado superficial con una rugosidad R_a 0.3 μ m (12 μ in) < $X \leq R_a$ 0.5 μ m (20 μ in)	
1	Acabado superficial con una rugosidad R_a 0.5 μ m (20 μ in) < $X \leq R_a$ 1 μ m (40 μ in)	
2	Acabado superficial con una rugosidad $> R_a$ 1 μ m (40 μ in)	
1	Lugares cubiertos o cavidades sin sellar ***	
1	Superficies horizontales	
1	Orientación horizontal del pulido	
	Sección 5: Programa de Mantenimiento (Seleccionar solo uno)	Puntuación
0	Sin lavado	
-1	Lavado al menos 1 vez al año	
-2	Lavado cuatro o más veces al año	
-3	Lavado al menos 1 vez al mes	
	Calificación Total	Punt. Total

* Potencialmente una ubicación altamente corrosiva. Consulte a un experto en corrosión de los aceros inoxidables para que evalúe el lugar.

** Prueba para determinar los niveles de cloro. El rango muestra la distancia en que la concentración de cloro se ha encontrado en caminos rurales pequeños y en los altamente transitados.

*** Si también existe exposición salina o a la contaminación, consulte a un experto en corrosión de los aceros inoxidables para que evalúe el lugar.

Sección 1: Ambiente

Si existe alguna incertidumbre acerca de los niveles de contaminación de una región, la información usualmente puede obtenerse vía Internet o telefónicamente en las dependencias del gobierno estatales o federales. Los datos de la tabla fueron publicados por el Banco Mundial en 1998 y compara dos factores de contaminación obtenidos de un muestreo de ciudades. Si se espera que los niveles de contaminación sean altos, se deberá consultar a un experto en corrosión de los aceros inoxidable con experiencia en arquitectura.

Rural

Las áreas rurales o suburbanas con bajas densidades de contaminación y con industria ligera no contaminante están incluidas en esta categoría. La contaminación migrante proveniente de industrias que se encuentran contra el viento del lugar puede cambiar esta clasificación.

Lugares Urbanos

Los sitios urbanos incluyen lugares residenciales, comerciales y con industria ligera donde la contaminación del tráfico vehicular es de baja a moderada. Los altos niveles de contaminación urbana se encuentran generalmente en áreas donde el control de los contaminantes del aire es muy poco o nulo o que son causados por condiciones localizadas que concentran la contaminación.

Ciudad	Partículas Suspensas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dióxido de Azufre $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Beijing	377	90
Calcuta	375	49
Helsinki	40	4
Los Ángeles	46	9
Moscú	100	109
Nueva York	23	26
París	14	14
Río de Janeiro	139	129
Sydney	54	28
Tokyo	49	18
Toronto	36	17

1995 Niveles Urbanos de Contaminación, Organización Mundial de la Salud

Lugares Industriales

Óxidos de azufre y nitrógeno de la combustión del carbón, así como gases liberados por las plantas industriales de proceso, son típicamente detectados en los sitios industriales. Las partículas suspendidas en el aire, tales como hollín de la combustión incompleta de los combustibles u óxidos de hierro, incrementan la corrosividad del lugar. Los altos niveles de contaminación industrial se encuentran generalmente en áreas donde, por lo general, no existe un control de los contaminantes del aire o que son causadas por condiciones localizadas que concentran la contaminación.

Sección 2: Exposición a Sal de la Costa o de Deshielo

La sal puede corroer a los metales que se emplean en la arquitectura, incluyendo a algunos aceros inoxidable. Si la humedad y la temperatura son suficientemente altas o si la lluvia es ligera o hay niebla, los depósitos de sal sobre las superficies absorberán algo de humedad y formarán una solución salina altamente concentrada y corrosiva.¹

Debe consultarse a un experto en corrosión de los aceros inoxidable si un componente es ocasional o regularmente salpicado, rociado o sumergido con agua de mar o sal de deshielo. De igual modo, también debe consultarse a un experto si el componente está expuesto tanto a agua de mar como a la sal de deshielo, esto, debido a que la exposición combinada de ambos tipos de agentes puede hacer que el lugar se vuelva mucho más corrosivo que si se expone únicamente a una sola fuente de sal.

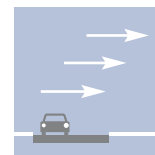
Exposición Marina y Costera

Los patrones de viento locales determinan que tan lejos la sal del agua de mar es llevada tierra adentro. Generalmente los lugares dentro de un radio de 8 a 16 kilómetros (5 a 10 millas) del agua de mar se consideran costeros. En algunos sitios, la sal del agua de mar es arrastrada relativamente a cortas distancias tierra adentro; y en algunos otros lugares puede ser arrastrada más allá de los 16 kilómetros (10 millas). Una muestra obtenida en uno de estos sitios puede ser analizada para determinar la cantidad de depósitos de sal. Las aplicaciones que van a estar sumergidas en agua salada o que regularmente son salpicadas por la misma agua pueden requerir el uso de aceros inoxidable súper dúplex, superferríticos o superausteníticos con 6% de molibdeno.

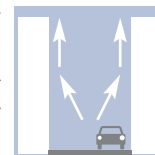


Exposición a Sal de Deshielo

La sal de deshielo contiene cloruro de sodio o cloruro de calcio o una mezcla de ambos. La sal se acumula con el tiempo y puede hacer que el ambiente cercano a los caminos y banquetas sea corrosivo. Generalmente los depósitos de sal son los más gruesos cerca de donde se aplica la sal. Desafortunadamente la contaminación por sal no está limitada únicamente a los lugares cercanos a los caminos. El tráfico de vehículos y la velocidad del viento son los factores más importantes que determinan que tan alejada del camino puede viajar la bruma contaminada con sal de deshielo.



Si el tráfico es intenso y la velocidad del viento es alta, la bruma con sal de deshielo de los caminos puede llegar tan alto como hasta 59 pisos en los edificios y tan lejos como a 1 km (0.6 millas) de los caminos muy transitados.² Si los caminos adyacentes tienen poco flujo vehicular para generar bruma o si los vientos dominantes soplan en dirección contraria, por lo general únicamente se encontrarán depósitos de sal en las zonas adyacentes a los caminos y banquetas. Las distancias contempladas en el Sistema de Evaluación asumen las peores condiciones posibles. Estas son un lugar cercano a un camino altamente transitado con vehículos que se desplazan a una velocidad suficiente como para generar bruma del camino con sal y donde los vientos dominantes la arrastran hacia el lugar. Si existe alguna incertidumbre respecto al nivel de la sal a la que va a estar expuesta, un laboratorio puede analizar una muestra representativa del lugar para determinar si existen depósitos de sal.



Sección 3: Clima Local Estándar

La información sobre las temperaturas típicas, humedad, cantidades totales de nieve y lluvia, así como los días con niebla, normalmente la tiene el gobierno federal y puede encontrarse vía Internet o por teléfono. Esta información debe completarse con datos obtenidos al observar el lugar para que la interpretación sea más exacta. La humedad de la niebla, las lloviznas o la humedad alta, se pueden combinar con los compuestos de las superficies, activándolos y provocando que el fenómeno de corrosión sea posible. Las temperaturas más altas incrementan la velocidad de corrosión. Los ambientes más corrosivos se localizan en lugares donde prácticamente no llueve o la cantidad de lluvia es mínima, donde las temperaturas son altas o donde hay una exposición a contaminantes agresivos o a sales (cloruros) donde la humedad es de moderada a alta o donde regularmente hay niebla.

Es importante tomar en cuenta tanto la cantidad anual de agua de las lluvias como el tipo de tormentas que suceden. Las lluvias ligeras no remueven los depósitos contaminantes de la superficie. Las tormentas con fuertes aguaceros o trombas, como las tormentas con truenos, pueden remover los depósitos contaminantes de las superficies que están expuestas. Si estas son suficientemente frecuentes para prevenir una cantidad significativa de depósitos o acumulación de suciedad sobre las superficies, pueden reducir el riesgo de corrosión. Por ejemplo, la mayoría del este de Norteamérica y el norte de Europa, tienen suficientes aguaceros para minimizar los depósitos de las superficies por lo que pueden calificarse con -1.

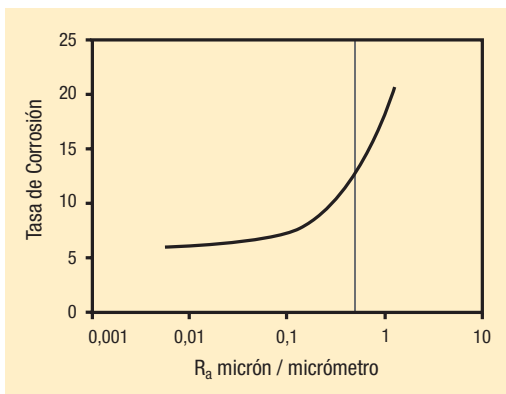
Sección 4: Consideraciones del Diseño

Rugosidad superficial

La corrosión no puede desarrollarse a menos que alguna sustancia corrosiva se adhiera a la superficie. Los acabados superficiales tersos son un obstáculo para que los contaminantes se adhieran a la superficie lo que ayuda a que el lavado manual o el realizado naturalmente por la lluvia sea más eficiente. Una superficie rugosa permite una mayor acumulación de contaminantes lo que la hace más difícil de limpiar. Por lo tanto una superficie tersa reduce el riesgo de que aparezcan manchas de corrosión y una superficie rugosa promueve la formación de manchas de corrosión. Se considera que una superficie es tersa cuando la rugosidad superficial es menor a 0.5 µm (micrones o micrómetros) o 20 µin (micro pulgadas). Es difícil asociar un valor de rugosidad superficial con un acabado superficial especialmente debido a que cada fabricante tiene sus parámetros muy propios que pueden variar de proveedor a proveedor alrededor del mundo. Cuando se soliciten muestras, se deberá preguntar al proveedor del material con determinado acabado superficial la rugosidad típica del mismo y, finalmente, en las especificaciones del proyecto se deberán incluir los requerimientos de la rugosidad superficial.

Orientación del acabado pulido

La orientación del acabado es importante si existe un rayado evidente (como el N°4, grabado u otros). Un acabado pulido colocado en posición vertical hace que el lavado natural de la lluvia sea más fácil, permitiendo, de este modo, el fácil drenado del agua y de partículas contaminantes. Una orientación horizontal del pulido tiende a retener contaminantes sobre la superficie. Se obtiene una mejor protección contra la corrosión si los acabados pulidos son colocados en forma vertical.



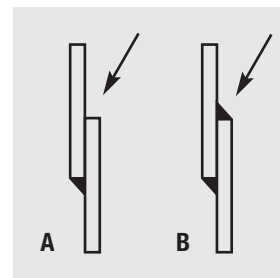
La gráfica de arriba muestra la relación entre la velocidad de corrosión y la rugosidad superficial. La línea presenta una rugosidad de 0.5 µm o 20 µin. La velocidad de corrosión se acelera rápidamente por arriba de este nivel 3

Superficies cubiertas y horizontales

Existe una mayor acumulación de contaminantes y suciedad sobre componentes cuyas superficies se encuentren cubiertas u horizontales debido a que la lluvia no es capaz de remover los contaminantes. El dejar los contaminantes corrosivos sobre la superficie del acero inoxidable durante un largo periodo de tiempo puede ocasionar la aparición de manchas de corrosión. Las superficies horizontales o cubiertas deben evitarse a menos que la limpieza manual o por la lluvia sea probable que ocurra. Alternativamente puede emplearse un acero inoxidable más resistente a la corrosión.

Cavidades

La corrosión por cavidades ocurre cuando el agua y algunos contaminantes corrosivos permanecen atrapados en pequeñas aberturas y algo de sal (cloruros) se encuentra en el ambiente (A). Estos problemas pueden evitarse eliminando las pequeñas cavidades que acumulen humedad, o sellando las cavidades mediante soldadura o selladores (B). Alternativamente, puede seleccionarse un acero inoxidable de más alta aleación que no sea propenso a sufrir corrosión por cavidades. Por ejemplo, los aceros inoxidables calados (tejidos) tienen diminutas cavidades donde los alambres se traslapan siendo en este lugar donde puede ocurrir corrosión si se exponen a un ambiente salino (cloruros). La malla soldada es una alternativa debido a que no tiene cavidades.



Sección 5: Programa de mantenimiento

Si el acero inoxidable es susceptible a corroerse debido a la acción de la sal (cloruros) o a la contaminación, estos agentes deberán permanecer por un tiempo suficientemente largo y deberán encontrarse en concentraciones suficientes para que el fenómeno corrosivo empiece. La frecuente limpieza realizada por las fuertes lluvias previene la acumulación de los depósitos y de la corrosión. La frecuencia de la limpieza manual necesaria para mantener la apariencia original de las aplicaciones depende del ambiente del lugar, acabado superficial del material, diseño, acero inoxidable seleccionado y limpieza potencial de la lluvia. Se requerirá una limpieza más frecuente si el acero inoxidable no proporciona una

adecuada resistencia a la corrosión, o si la superficie del componente es rugosa, si existen superficies horizontales o cubiertas o si hay cavidades. Si el grado 304 es expuesto a ambientes más corrosivos, será necesario realizar una limpieza por lo menos cuatro o más veces al año para mantener la apariencia atractiva.

Selección del Acero Inoxidable

Calificación
Total

0 a 2	El tipo 304/304L (UNS S30400, EN 1.4301, SUS 304) es, generalmente, la elección más efectiva en cuanto a costo.
3	El tipo 316/316L (UNS 31600, EN 1.4401, SUS 316) o 444 (UNS S44400, EN 1.4521, SUS 444) es, generalmente, la elección más efectiva en cuanto al costo.
4	Se sugiere el empleo de un tipo 317/317L (UNS S31703), EN 1.4438, SUS 317L) o un acero inoxidable más resistente a la corrosión.
≥ 5	Puede necesitarse un acero inoxidable más resistente a la corrosión tal como el 2205 (UNS S32205, EN 1.4462, SUS 329J3L), 904L (UNS N08904, EN 1.4539, SUS 890L), 317LMN (UNS S31726, EN 1.4439, SUS 317LN), superdúplex, superferríticos o super-austeníticos con 6% de molibdeno. Estos aceros inoxidables proporcionan diferentes niveles de resistencia a la corrosión como se muestra en la Figura 1. Si se obtiene una calificación de 5 o mayor, se necesitará la intervención de un experto en corrosión con experiencia en arquitectura para que evalúe el lugar y diseño y recomiende un adecuado acero inoxidable

¿Cómo puedo reducir la calificación?

Algunos cambios en el diseño que pueden mejorar el funcionamiento y la posibilidad de cambiar los requerimientos del material son:

- Abierta exposición de los componentes para un mejor lavado natural de la lluvia
- Acabados con superficies tersas
- Superficies cuyas líneas de pulido sean verticales
- Eliminar superficies horizontales
- Eliminar o sellar las cavidades
- Diseñar para una fácil limpieza manual
- Promover un programa regular de mantenimiento
- Adicionar barreras artificiales o naturales para reducir la exposición a la bruma con sal de las carreteras donde se emplea sal para el deshielo.

Recursos, Fabricación y Corrosión de los Aceros Inoxidables

Resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables

En las aplicaciones arquitectónicas, los ambientes corrosivos se definen como aquellos lugares donde las aplicaciones están expuestas a sal de deshielo o de la costa y/o áreas con contaminación industrial o urbana. Los componentes que hacen que el ambiente sea corrosivo incluyen sales del agua de mar o usada en el deshielo (cloruros de sodio y potasio), así como lluvia ácida ocasionada por los gases de combustión que se condensan y que provienen de plantas de energía o químicas y de las emisiones de los vehículos.

La mayoría de los aceros inoxidables se clasifican en austeníticos, ferríticos y dúplex. Estos aceros pueden ser “endurecidos” mediante el trabajo en frío más nunca por tratamiento térmico. Los aceros inoxidables austeníticos tales como el tipo 304 (UNS S30400; EN 1.4301; JIS SUS 304) y el 316 (UNS S31600; EN 1.4401; SUS 316), contienen hierro, cromo y níquel. No son magnéticos y poseen excelentes propiedades de formabilidad. Los aceros inoxidables ferríticos, tal como el 444 (UNS S 44400; EN 1.4521; SUS 444), poseen hierro y cromo. Son magnéticos y poseen limitada formabilidad. Los aceros inoxidables dúplex tal como el 2205 (UNS S32205; EN 1.4462; SUS 329J3L), contienen hierro, cromo y una cantidad media de níquel. Poseen mayores niveles de resistencia que los aceros austeníticos y ferríticos. Son magnéticos y tiene medianas propiedades de formabilidad. También existen los aceros inoxidables “pobres” cuya resistencia a la corrosión y costo son similares a las de los aceros 316 y 317L, sin embargo, poseen altos valores de resistencia de los aceros dúplex. Los aceros inoxidables más resistentes a la corrosión mostrados en la Figura 1, son ejemplos de las familias de los llamados superferríticos 447 (UNS 44700; SUS447J1), superdúplex 2507 (UNS S32750; EN 1.4410) y los supraausteníticos con 6% de molibdeno (UNS S31254; N08926, N08367; EN 1.4547, 1.4529; o SUS 312L), los cuales son resistentes a la corrosión por picaduras cuando se sumergen en agua de mar. Adicionalmente a los elementos de aleación básicos ya mencionados, el molibdeno se adiciona a todos los aceros de la Figura 1, a excepción del tipo 304, para mejorar la resistencia a la corrosión, particularmente la ya mencionada resistencia a los cloruros (sales).

La Figura 1 compara la diferencia en la resistencia a la corrosión por picaduras entre diversos tipos de aceros inoxidables usando una fórmula para predecir la relativa resistencia a la corrosión (PRE)⁴ que es el número Equivalente de Resistencia al Picado por sus iniciales en inglés (Pitting Resistance Equivalent). Esta fórmula se basa en la mejora a la resistencia a la corrosión asociada al incremento en el contenido de cromo, molibdeno y nitrógeno.

La laminación en frío, el grabado, y las operaciones de formado tales como el doblado o embutido profundo, cambian la forma del metal endureciéndolo por estos medios. Las tres familias de aceros inoxidables pueden ser formadas por las técnicas de formado convencionales empleadas en la arquitectura, sin embargo, los aceros inoxidables austeníticos son, algunas veces, intencionalmente endurecidos mediante trabajo en frío.

Los aceros inoxidables más extensamente empleados en la arquitectura son los grado 304 y 316. El tipo 304 es más adecuado para la mayoría de aplicaciones exteriores e interiores con bajo riesgo de corrosión aún cuando el mantenimiento sea mínimo o nulo. En ambientes moderadamente corrosivos, el grado 304 puede funcionar siempre y cuando se emplea un acabado superficial terso y se limpie regularmente. Los grados 316 y 444 con un apropiado acabado superficial pueden permanecer visualmente atractivos en la mayoría de las aplicaciones que estén expuestas a medios corrosivos con una limpieza manual mínima o nula. En condiciones altamente corrosivas, los tipo 316 y 444 requerirán de un mantenimiento manual regular, o en su defecto, se necesitará emplear un acero inoxidable más resistente a la corrosión.

Si el diseño incluye secciones soldadas cuyo grosor sea mayor de 6 mm (0.25 pulgadas), se deberán emplear los aceros inoxidables con bajo contenido de carbono o mejor conocidos como los grados “L” (por ejemplo, 304L, 316L) para mantener la resistencia a la corrosión. La resistencia a la corrosión por picaduras se mejora si se especifica que el contenido máximo de azufre no debe exceder de 0.005%.

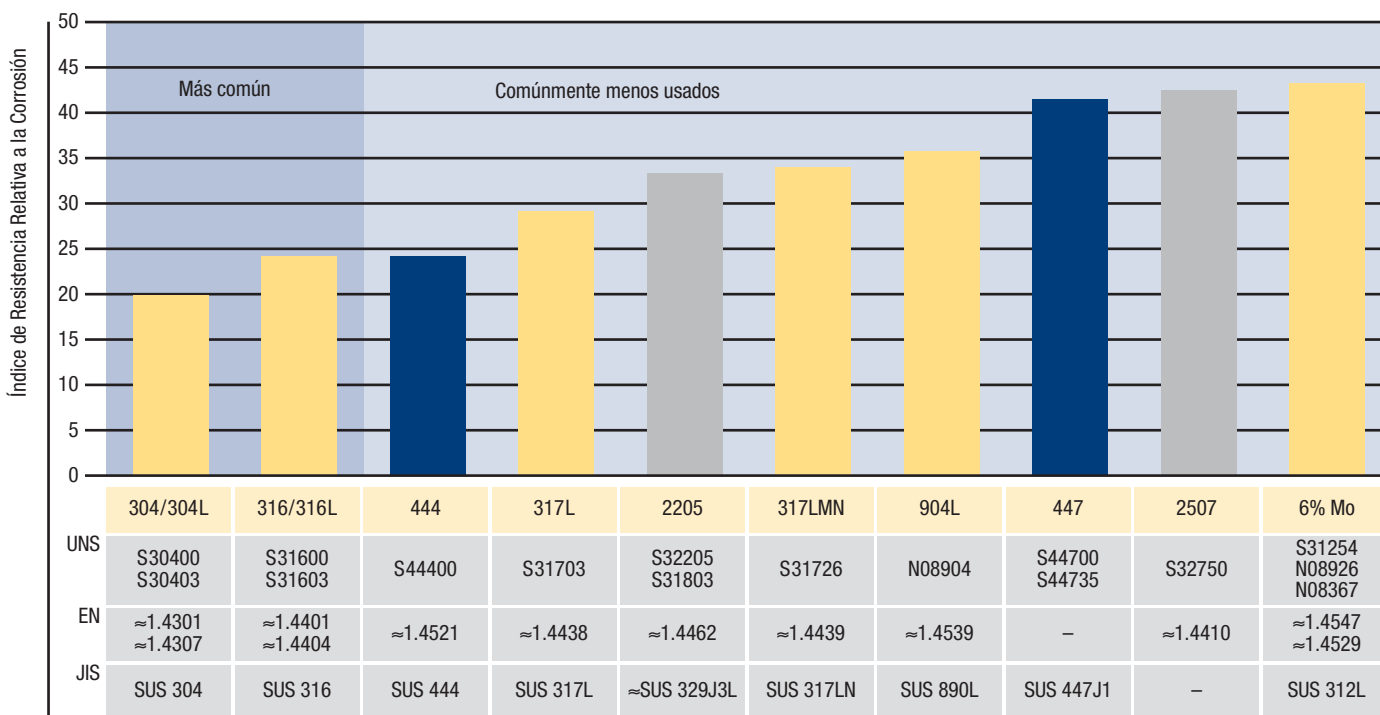


Figura 1 Esta gráfica de la relativa resistencia a la corrosión por picaduras está basada en el número Equivalente de Resistencia al Picado (PRE). Los aceros inoxidables austeníticos se muestran en amarillo, los ferríticos en azul y los dúplex en gris. Las designaciones UNS (Unified Numbering System), EN (European Number) y JIS (Japanese Industrial Standard), identifican la composición química de cada acero inoxidable en específico y los asocian con los nombres comunes mostrados en la gráfica de barras.

Fabricación e Instalación

Cuando aparecen trazos de corrosión después de algunos meses de instalado un equipo, usualmente es el resultado de un inadecuado manejo, fabricación, almacenaje o limpieza. Si aparecen manchas de corrosión, es posible reestablecer el acabado con una simple limpieza. Los ingredientes de los productos de limpieza deben verificarse antes de emplearlos sobre el acero inoxidable aún y cuando estén catalogados como “limpiadores de acero inoxidable”. Debe evitarse el empleo de los limpiadores que contengan cloruros en su fórmula, o en su defecto, eliminarlos de la superficie mediante un vigoroso y concienzudo enjuagado para prevenir la corrosión. Los productos con ácido muriático o ácido clorhídrico nunca deben emplearse sobre el acero inoxidable, inclusive, debe evitarse usarlos cerca del mismo acero ya que puede provocar una rápida corrosión. Estos productos comúnmente se emplean para limpiar concreto, mampostería o baldosas.

Si la superficie de acero inoxidable ha sido contaminada con acero al carbono o hierro, la corrosión se desarrolla rápidamente y puede aparecer algunos pocos días después de haber estado en exposición al ambiente exterior. La contaminación puede producirse durante el manejo o durante la fabricación. Las fuentes de contaminación incluyen herramientas contaminadas o abrasivos del medio, fibras de hierro o cepillos, partículas de hierro suspendidas en el aire, marcas mecánicas o un inadecuado almacenaje y manejo del material. Algunas veces el material puede ser restaurado, sin embargo, es mejor evitar la contaminación empleando buenas prácticas de manejo.

La resistencia a la corrosión de una soldadura debe ser semejante a la del metal a su alrededor. Algunas veces la soldadura puede ser aplicada de manera tal que el acabado de la misma es similar al del metal base, volviéndola invisible. La rugosidad de la soldadura no debe ser mayor que la del metal base.

Si se ha empleado un acero inoxidable cuyo contenido de azufre es mayor de 0.005%, la superficie de los componentes debe pasivarse ya sea con ácido fosfórico o con ácido nítrico justo antes de que se complete la fabricación y se le de el acabado final. Esto no es necesario si el nivel de azufre es de 0.005% o menor.

Donde Puedo Obtener Mayor Información

La Asociación Internacional del Molibdeno (IMOA) ha desarrollado casos de estudio sobre diversas aplicaciones arquitectónicas específicas en diversos ambientes, los cuales han sido traducidos al Español por el Instituto Mexicano del Inoxidable (IMINOX), y que pueden proporcionar mayor información para seleccionar el adecuado acero inoxidable. IMINOX (correo electrónico: direccion@iminox.org.mx, www.iminox.org.mx) o IMOA (e-mail: info@imoa.info, www.imoa.info). Cada caso ilustra el empleo del sistema de evaluación presentado en este catálogo. Un software interactivo de este catálogo fue desarrollado para guiar a los usuarios a través del proceso de selección del acero inoxidable. Es gratis y puede descargarse desde la página del IMOA. La página web también provee enlaces a mapas de corrosión, climas y contaminación.

Información adicional acerca de los temas vistos en este catálogo se encuentra disponible en el IMINOX, IMOA, Instituto del Níquel, en las Asociaciones de Desarrollo de Mercado del Acero Inoxidable y con los productores de acero inoxidable alrededor del mundo. Estas organizaciones pueden proporcionar referencias de expertos en corrosión de los aceros inoxidables en aplicaciones arquitectónicas. Las links de las Asociaciones de Desarrollo de Mercado del Acero Inoxidable pueden encontrarse en el IMINOX (www.iminox.org.mx), imoa (www.imoa.info) o en el sitio Web del Instituto del Níquel (www.nickelinstitute.org).

La publicación N° 11 024 del Instituto del Níquel, *Aceros Inoxidables en la Arquitectura, Edificios y Construcción: Guía para la Prevención de la Corrosión (Stainless Steels in Architecture, Buildings and Construction: Guidelines to Corrosion Prevention)*, proporciona información detallada acerca de la evaluación del medio ambiente y la adecuada selección de los aceros inoxidables. Si es necesario que se utilice un acero con mayor resistencia a la corrosión que el grado 316, se puede solicitar la publicación del IMOA *Guía Práctica para la Fabricación de Aceros Inoxidables Dúplex (Practical Guidelines for Fabrication of Duplex Stainless Steels)* así como la publicación del Instituto del Níquel 11 021 *Aceros Inoxidables de Alto Rendimiento (High Performance Stainless Steels)*. Algunos ejemplos de edificaciones y estructuras que han tenido un buen comportamiento a través de los años pueden encontrarse en la publicación del Instituto del Níquel 11 023 *Arquitectura Eterna de Inoxidable (Timeless Stainless Architecture)* y en la publicación de la Euro Inox *Fachadas de Acero Inoxidable, volumen 2 (Stainless Steel Facades, volumen 2)* más información: info@euro-inox.org o www.euro-inox.org. La información sobre soldadura, limpieza y limpieza post-fabricación está disponible en el Instituto del Níquel, Euro Inox, en las Asociaciones de Desarrollo del Mercado del Acero Inoxidable y en los molinos productores de acero inoxidable.

- 1 El cloruro de calcio se vuelve corrosivo a los 0°C (32°F) con un 45% de humedad, mientras que el cloruro de sodio lo hace a 10°C (50°F) y 76% de humedad. Ambos se pueden encontrar la costa o en la sal de deshielo.
- 2 Allen L. Williams y Gary J. Stensland, Departamento de Transporte de Illinois, “Estudio de Dispersión Atmosférica de Sales de Deshielo en Caminos” Reporte de Investigación Física No. 149, Enero 2006
- 3 Acabados superficiales de los aceros inoxidables, Boletín del Diario Internacional de la Federación N° 189, 1985, p.3 - 12.
- 4 Expresada a través de su número Equivalente de Resistencia al Picado, PRE = %Cr + 3.3*%Mo + 16*%N para los aceros inoxidables austeníticos y dúplex, y PRE = %Cr + 3.3*%Mo para los aceros ferríticos.

International Molybdenum Association (IMOA)/
Asociación Internacional del Molibdeno
e-mail: info@imoa.info · www.imoa.info

Traducción realizada por el
Instituto Mexicano del Inoxidable AC (IMINOX)
Correo electrónico: direccion@iminox.org.mx · www.iminox.org.mx

La Asociación Internacional del Molibdeno (IMOA) ha hecho todo esfuerzo para asegurar que la información presentada sea técnicamente correcta. Sin embargo, IMOA no manifiesta o garantiza la exactitud de la información contenida en este caso de estudio o su conveniencia para algún uso específico o general. El lector es notificado de que el material contenido aquí es para propósitos de información solamente; ésta no debe ser usada o depender de ella para cualquier aplicación específica o general sin que primero obtenga asesoría competente. IMOA, sus miembros, equipo y consultores específicamente se deslindan de cualquier responsabilidad parcial y/o total por cualquier tipo de pérdida, daño o lesión resultado del uso de la información contenida en esta publicación.

Preparado por la consultora de IMOA Catherine Houska, TMR Consulting (www.tmrconsulting.com), diseño gráfico Martina Helzel, circa drei (www.circadrei.de).

IMOA ABC 00/10