

## Aceros Inoxidables Serie 300

### Introducción

Los aceros inoxidable de la serie 300, según designación AISI/ASTM, son los caballos de batalla en toda industria que maneja ambientes y fluidos corrosivos. Corresponden a una categoría denominada "Aceros Austeníticos", por tener todos la estructura metalográfica del hierro a temperatura alta (> 910°C), correspondiente a un "cubo de caras centradas", con carbono disuelto, llamada "Austenita".

Formados básicamente por la incorporación al hierro de (algunos o todos) elementos de aleación como Cr, Ni, Mo y otros, logran mantener a temperatura ambiente y en forma estable, la estructura de la austenita, gracias al níquel.

La "Austenita" es una estructura, no es un compuesto ni una composición determinada y tiene la característica de mantener en "disolución" elementos como carbono y otros, que le confieren las buenas propiedades mecánicas al acero.

El carbono "disuelto" se aloja en los espacios intersticiales entre los átomos de hierro, lo que restringe el desplazamiento de capas en la estructura del acero, dándole "firmeza", pero no lo impide totalmente, lo que le da ductilidad.

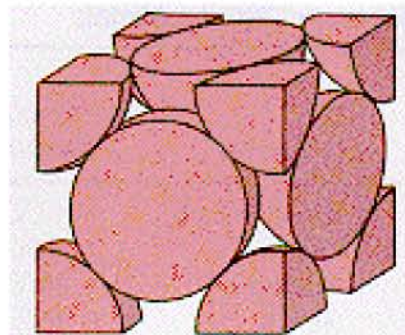
Por esta razón la serie 300, es fácil de trabajar en frío y se puede soldar con facilidad, con ciertas precauciones.

Cuando el carbono "disuelto" sale de su lugar y se combina con otros elementos como el cromo o el hierro formando compuestos llamados "carburos", se dice que "precipita", porque se separa del resto como una "fase" (zona) reconocible, de propiedades diferentes (Ej: gran dureza). Esto puede ocurrir luego de un calentamiento a alta temperatura (> 650°C) y enfriamiento lento al ambiente (lo que ocurre al soldar).

La propiedad de inoxidable, se la deben fundamentalmente al contenido de cromo (>10.5%). Por esta razón, la precipitación de carburos de cromo, indicada anteriormente, trae como consecuencia la "pérdida" de cromo en ciertas partes del acero (zonas intergranulares), perdiéndose allí la propiedad de inoxidable (fenómeno llamado **sensibilización**).

El papel del níquel es básicamente estabilizar la estructura austenítica y contribuir a la resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas.

La resistencia a la corrosión y las buenas propiedades mecánicas, dependen no sólo de la composición del acero, sino también de su estructura. Por esta razón, mediante un adecuado tratamiento térmico (recocido a disolución) consistente en calentar a alta temperatura (> 1040°C) durante un tiempo (para asegurar la "disolución" total del carbono), seguido por un enfriamiento brusco, se logra un acero de óptimas propiedades. En este estado de "recocido a disolución", se vende y usan los aceros inoxidable serie 300.



Austenita

### ACEROS INOXIDABLES - ACEROS AL CARBONO - VÁLVULAS

Santa Isabel 850, Parque Industrial Valle Grande, Lampa, Santiago  
Fono: +56 2 499 4000 / Fax: +56 2 499 4040

ventas@fastpack.cl [www.fastpack.cl](http://www.fastpack.cl) proyectos@fastpack.cl

## COMPOSICION

GRADO	UNS	%Cr	%Ni	%Mo	%C	%Mn	%N	%Otros (*)=máx (**) =min
304	S30400	18.0-20.0	8.00-11.0	---	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
304L	S30403	18.0-20.0	8.00-13.0	---	0.035	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
304N	S30451	18.0-20.0	8.00-11.0	---	0.08*	2.00*	0.10-0.16	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
304LN	S30453	18.0-20.0	8.00-11.0	---	0.035*	2.00*	0.10-0.16	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
304H	S30409	18.0-20.0	8.00-11.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316	S31600	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316L	S31603	16.0-18.0	10.0-15.0	2.00-3.00	0.035*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316N	S31651	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00	0.08*	2.00*	0.10-0.16	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316LN	S31653	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00	0.035*	2.00*	0.10-0.16	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316H	S31609	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
316Ti	S31635	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	0.08*	2.00	0.10	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, Ti 5x(C+N)** 0.7*
316Cb	S31640	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	0.08*	2.00	0.10	P0.045*, S0.030*, Si0.75*, Cb 10xC** 1.10*
317	S31700	18.0-20.0	11.0-14.0	3.00-4.00	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
317L	S31703	18.0-20.0	11.0-15.0	3.00-4.00	0.035*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
309S	S30908	22.0-24.0	12.0-15.0	0.75*	0.08*	2.00*	---	P0.045*, S0.030*, Si0.75*
309Cb	S30940	22.0-24.0	12.0-16.0	0.75*	0.08*	2.00*	---	P0.045*, S0.030*, Si0.75*, Cb 10xC** 1.10*
309H	S30909	22.0-24.0	12.0-15.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
310S	S31008	24.0-26.0	19.0-22.0	0.75*	0.08*	2.00*	---	P0.045*, S0.030*, Si0.75*
310Cb	S31040	24.0-26.0	19.0-22.0	0.75*	0.08*	2.00*	---	P0.045*, S0.030*, Si0.75*, Cb 10xC** 1.10*
310H	S31009	24.0-26.0	19.0-22.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*
321	S32100	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, Ti 5xC** 0.70*
321H	S32109	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, Ti 4xC** 0.80*
347	S34700	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, (Ta+Cb) 10xC** 1.00*
347H	S34709	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, (Ta+Cb) 8xC** 1.0*
348	S34800	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.08*	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, (Ta+Cb) 10xC** 0.10*, Ta 0.1*
348H	S34809	17.0-20.0	9.00-13.0	---	0.04-0.10	2.00*	---	P0.040*, S0.030*, Si0.75*, (Ta+Cb) 8xC** 0.10*, Ta 0.1*

## Características

El acero 304 y sus variantes (no contienen molibdeno), constituyen un grupo muy popular, cuyos elementos de aleación son cromo (18-20%) y níquel (8-11%). El grado 304 corriente, con los mínimos contenidos aceptables de Cr (18%) y Ni (8%) ha sido tradicionalmente designado como acero inoxidable 18-8. Presenta una buena resistencia a la corrosión atmosférica y por agentes corrosivos moderados, especialmente a temperatura ambiente.

La variante 304L se diferencia por un contenido de carbono (0.035%) inferior al 304 (0.08%), con lo cual se elimina el problema de "sensibilización" (que conduce a problemas de corrosión intergranular) en la zona afectada por el calor durante la soldadura. El grado 304L puede ser soldado y usado tal cual, sin necesidad de tratamiento térmico, ya que la soldadura y zona vecina, no sufrirán de corrosión intergranular.

Como consecuencia del menor contenido de carbono del grado 304L, las propiedades mecánicas, "tensión de ruptura" (S) y "límite elástico" (Y) se ven disminuidas.

La forma tradicional de mejorar las propiedades mecánicas de aceros para ser usados a alta temperatura es aumentar el contenido de carbono. El grado 304H puede tener hasta 0.10% de carbono para este efecto.

Una forma más moderna de mejorar la resistencia mecánica (especialmente a alta temperatura) es agregando pequeñas cantidades de nitrógeno a la aleación del acero, el que actúa como elemento intersticial, "disuelto", igual que el carbono. El grado 304N y 304LN contienen nitrógeno con ese fin. El nitrógeno también contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión por "pitting" causada por cloruros.

## Nomenclatura

AISI	304	304L
UNS	S30400	S30403
DIN	X5 Cr Ni 18-10	X2 Cr Ni 19-11
W.Nr.	1.4301	1.4306
BS	304S31	304S11
AFNOR	Z7CN 18-09	Z3CN 18-10
SS	2333	2352

## Limitaciones

La presencia de cloruros en los fluidos que entran en contacto con los aceros 304 y sus variantes, conduce fácilmente a corrosión por picaduras o "pitting". De hecho, el 304 sólo tolera hasta 100 ppm de cloruro en agua, a temperatura ambiente (no recomendable para ambiente marino). A mayor temperatura, la situación empeora.

El cloruro es un agente especialmente agresivo que fácilmente rompe la capa pasiva de óxido de cromo, que confiere al acero la propiedad de "inoxidable". En ambiente ácido y ambiente reductor, la acción agresiva del cloruro aumenta.

En espacios confinados o grietas (crevice) el cloruro puede producir un tipo de corrosión localizada llamada "corrosión en grietas".

Otra limitación es la susceptibilidad del 304 a la corrosión bajo tensión (SCC) o "cracking" causada por cloruro, debido a una cantidad insuficiente de níquel.

Este tipo de corrosión se presenta en partes tensionadas, sometidas a la acción agresiva de cloruro y a una temperatura sobre la ambiental (>49°C).

Para aumentar la resistencia a la corrosión por cloruros, el acero debe incorporar molibdeno (tipos 316, 317 y otros)

La temperatura elevada también afecta al acero 304. A 815°C en servicio continuo, sufre oxidación al aire, formando una capa de óxidos que se descama con facilidad con la consiguiente pérdida de material. Por otro lado, las propiedades mecánicas se deterioran: el límite elástico baja desde 35 ksi a 21°C a sólo 13 ksi a 815°C, lo que implica una mayor facilidad para deformarse.

## 316 / 316L / 316N / 316LN / 316H / 316Ti / 316Cb

### Características

El acero 316 y sus variantes (todos contienen molibdeno) han sido formulados para aumentar la resistencia a la corrosión por cloruros. Agregando 2.00-3.00% de molibdeno al 304 en reemplazo de igual cantidad de cromo y aumentando la cantidad de níquel (10.0-15.0%) para estabilizar la estructura austenítica se logra un acero superior.

La variante 316L con sólo 0.035% de carbono, se diseñó para ser soldada y usada sin necesidad de tratamiento térmico, a diferencia del 316 corriente que con 0.08% de carbono sufre el problema de sensibilización (y consiguiente corrosión intergranular) al ser calentado durante la soldadura.

Para operar a temperaturas más altas que la ambiental, se debe mejorar las propiedades mecánicas a temperatura superior, mediante la incorporación de mayor cantidad de carbono ( hasta 0.10% de carbono en el 316H) o una pequeña cantidad de nitrógeno (0.10 - 0.16% de nitrógeno en el 316N).

Una variedad mixta, con bajo contenido de carbono (0.035% máximo) para hacerla soldable sin tratamiento térmico posterior, pero con un contenido de nitrógeno (0.10-0.16%) para mejorar sus propiedades mecánicas, es el 316LN.

El problema de "sensibilización" y consiguiente corrosión intergranular, ha sido resuelto sin sacrificar propiedades mecánicas, al mantener el nivel de carbono en 0.08% y el de nitrógeno en 0.10%, agregando pequeñas cantidades de otros elementos (Ti, Cb) que tienen mayor afinidad por el carbono que el cromo.

En el grado 316Ti, es el titanio el que se combina con el carbono para formar carburos, cuando el acero es calentado hasta la temperatura de "sensibilización", dejando el cromo inalterado (se evita así la corrosión intergranular). El contenido de titanio es como mínimo 5 veces el contenido de carbono+nitrógeno, con un máximo de 0.7%, para lograr el justo equilibrio.

En el grado 316Cb, es el columbio el encargado de formar carburos en vez del cromo, con el mismo efecto beneficioso anterior. El contenido de columbio es como mínimo 10 veces el contenido de carbono, con un máximo de 1.10%, para lograr el justo equilibrio.

### Nomenclatura

<b>AISI</b>	<b>316</b>	<b>316L</b>
<b>UNS</b>	<b>S31600</b>	<b>S31603</b>
<b>DIN</b>	<b>X5Cr Ni Mo 17-12-2</b>	<b>X2 Cr Ni Mo 17-12-2</b>
<b>W.Nr.</b>	<b>1.4401</b>	<b>1.4404</b>
<b>BS</b>	<b>316S31</b>	<b>316S11</b>
<b>AFNOR</b>	<b>Z7CND 17-11-02</b>	<b>Z3CND 17-11-02</b>
<b>SS</b>	<b>2347</b>	<b>2348</b>

### Limitaciones

La incorporación de molibdeno le confiere al 316 y sus variedades, una mayor resistencia a la corrosión localizada (pitting, cracking y crevice) causada por cloruros, de modo que puede tolerar hasta 2000 ppm de cloruro en agua.

El contenido de cromo en el 316, algo inferior al del 304 lo hace más susceptible a la oxidación y descamación a temperaturas altas, que el 304.



## 317 / 317L / 317LX / 317LXN

### Características

El acero 317 y sus variedades, corresponden a aceros con niveles superiores de elementos de aleación (Cr 18.0-20.0%, Mo 3.00-4.00%), lo que les da una resistencia a la corrosión superior, especialmente frente a los cloruros.

El grado 317L de bajo carbono (0.035% máximo) está especialmente diseñado para ser soldado y utilizado "tal cual", sin el riesgo de corrosión intergranular de los grados corrientes, cuando no son sometidos a un tratamiento térmico de "recocido a disolución" después de soldar.

Un mayor contenido de molibdeno (4.00-5.00%) se encuentra en los grados

317LX(UNS S31725) y 317LXN(UNS S31726) de mayor resistencia aún a la corrosión por cloruros. El contenido de nitrógeno (0.10-0.20%) del grado 317LXN mejora sus propiedades mecánicas. La combinación de molibdeno y nitrógeno en este acero, le confiere una especial resistencia a la corrosión en grietas y picaduras, causadas por fluidos ácidos que contienen cloruros a alta temperatura.

Los aceros 317 y sus variedades, son resistentes a la corrosión por ácido sulfúrico hasta concentración 5%(puro) y hasta temperatura de 49°C. A temperaturas inferiores, pueden tolerar concentraciones mayores de ácido sulfúrico.

	Velocidad de corrosión uniforme mm/año				
	304L	316L	317L	317LX	317LXN
Disolución a ebullición					
20% ácido acético	<0.01	0.003	0.012	<0.01	<0.01
1% ácido clorhídrico	2.2	0.024	---	---	---
20% ácido fosfórico	---	0.015	0.018	0.02	<0.01
10% ácido sulfúrico	16.8	16.137	7.571	6.48	4.01
50% hidróxido de sodio	1.8	1.971	0.833	1.76	2.18
PREN	19	26	31	34	38

## 321 / 321H / 347 / 347H/ 348 / 348H

### Características

Corresponden a aceros estabilizados frente al fenómeno de "sensibilización", adecuados para ser soldados, ser sometidos a tratamiento térmico para "liberar tensiones"(204-399°C), operar en forma cíclica a altas temperaturas(427-899°C), sin el riesgo del desarrollo de corrosión intergranular, por precipitación de carburos de cromo.

El grado 321 utiliza titanio(mínimo 5 veces %C, máximo 0.70%) para lograr la estabilización, por tener el titanio más afinidad por el carbono, que el cromo. La variedad 321H contiene un mayor nivel de carbono para mayor resistencia mecánica(creep strength) a temperatura alta.

El grado 347, utiliza una combinación de columbio y tantalio para lograr el mismo efecto(Cb+Ta mínimo 10 veces %C, máximo 1.00%).

El 347H es la variedad de mayor contenido de carbono para mejores propiedades mecánicas a alta temperatura.

Para aplicaciones en que se debe restringir el contenido de tantalio (uso radiactivo) están los grados 348 (Ta máximo 0.1%) y 348H con mayor contenido de carbono para mejorar las propiedades mecánicas a alta temperatura

## 309S / 309Cb / 309H / 310S / 310Cb / 310H

### Características 309

El trabajo constante a temperatura elevada requiere de aceros más resistentes a la oxidación. Esto se logra elevando los niveles de cromo (aumenta la resistencia a la oxidación) y de níquel (para mantener el equilibrio de la aleación y su estructura austenítica).

El acero 309 primitivo es un acero 304 mejorado con mayores niveles de cromo( de 18.0-20.0% sube a 22.0-24.0%), de níquel (de 8.0-11.0% sube a 12.0-15.0%) y de carbono( de 0.08% máximo sube a 0.20% máximo). El mayor contenido de carbono mejora las propiedades mecánicas a temperatura alta pero trae como consecuencia, el problema de "sensibilización" que conduce a la corrosión intergranular.

El grado 309S tiene un nivel más bajo de carbono(0.08% máximo) para evitar la "sensibilización" y poder usarlo "tal cual" después de soldar. El grado 309H tiene un nivel algo más alto de carbono(hasta 0.10% máximo) con mejores propiedades mecánicas a alta temperatura.

El grado 309Cb contiene columbio(mínimo 10 veces %C y 1.10% máximo) para estabilizar la aleación a alta temperatura y evitar la "sensibilización".

### Características 310

Cuando las condiciones de operación exigen mayor resistencia a la oxidación a alta temperatura, se debe elevar más aún los niveles de cromo y de níquel.

El acero 310 primitivo es un acero 309 mejorado con mayores niveles de cromo( de 22.0-24.0% sube a 24.0-26.0%), de níquel (de 12.0-15.0% sube a 19.0-22.0%) y de carbono( de 0.20% máximo sube a 0.25% máximo). El mayor contenido de carbono mejora las propiedades mecánicas a temperatura alta pero trae como consecuencia, el problema de "sensibilización" que conduce a la corrosión intergranular.

El grado 310S tiene un nivel más bajo de carbono(0.08% máximo) para evitar la "sensibilización" y poder usarlo "tal cual" después de soldar. El grado 310H tiene un nivel algo más alto de carbono(hasta 0.10% máximo) con mejores propiedades mecánicas a alta temperatura.

El grado 310Cb contiene columbio(mínimo 10 veces %C y 1.10% máximo) para estabilizar la aleación a alta temperatura y evitar la "sensibilización".

## DOBLE GRADACION

Los procesos de fundición, en la elaboración de los aceros inoxidable, han mejorado a tal punto que el mayor esfuerzo para lograr los grados de bajo carbono, designados con la letra L ( Ej 304L, 316L etc) no incide mayormente en el costo total de elaboración.

La disminución del contenido de carbono deteriora las propiedades mecánicas, por lo cual los fabricantes de acero han incorporado nitrógeno para compensarlo. De aquí nace la doble gradación: 304/304L, 316/316L.

La doble gradación indica que el contenido de carbono es bajo (grado L), asegurando que pueden ser soldados y utilizados "tal cual" después de soldar, sin riesgo de "sensibilización" y corrosión intergranular, pero las propiedades mecánicas de resistencia del grado corriente, se conservan gracias al contenido de nitrógeno.

La reticencia inicial de algunos usuarios frente a la doble gradación, ha sido superada y la ASME ha declarado que los aceros doble grado pueden usarse bajo las mismas condiciones de esfuerzo que los grados corrientes, hasta 540°C, sin problema.