

Los aceros inoxidables son aleaciones en las que intervienen, aparte del C y Fe, otros elementos como el Cr, Ni, Mo, Ti, Nb y N, con objeto de conseguir unas estructuras metalúrgicas y propiedades determinadas. El contenido mínimo de cromo para que un acero sea inoxidable es del 10%. Los otros elementos pueden estar o no presentes en distintas proporciones.

Los aceros inoxidables, se clasifican de acuerdo a su estructura de cristalización, según el sistema de agrupamiento de la Norma ISO/TR 15608:

Grupo	Tipo de acero
7	Aceros inoxidables ferríticos, martensíticos o endurecibles por precipitación con $C \leq 0,35\%$ y $10,5\% \leq Cr \leq 30\%$ .
8	Aceros inoxidables austeníticos, $Ni \leq 31\%$ .
10	Aceros inoxidables austeno-ferríticos (dúplex).

En soldadura es importante conocer la estructura que se obtendrá al realizar la unión de un metal base inoxidable dado, con un metal de aporte inoxidable determinado y con un proceso de soldeo dado. Esto se consigue a través de unos diagramas en los que intervienen los diferentes elementos de aleación con sus respectivas proporciones.

Los diagramas más conocidos y utilizados son: Schaeffler, de DeLong y WRC-1992, este último más moderno que los anteriores, desarrollado por el IIW. Todos ellos tienen los mismos principios de ejecución y uso, no obstante el de Schaeffler es empleado principalmente en soldaduras disímiles y el WRC-1992 para el cálculo de nº de ferrita (FN) principalmente en los aceros Dúplex.



### 3.1.-Aceros inoxidables Martensíticos

*Característica de estos aceros inoxidables, aleados al 12-13% Cr, 0-4,5% Ni y con un máximo del 0,5% Mo. Estas aleaciones son forjadas o fundidas.*

#### **Aplicaciones:**

Las principales aplicaciones típicas son: equipos hidráulicos, cámaras de reacción, plantas de destilación, cuerpos de válvulas, bombas, conos compresores, impulsores y conductos de alta presión para industrias de generadores, hidrocarburos, químicas y petroquímicas.

#### **Consejos de soldadura:**

El precalentamiento y temperatura entre pasadas debe ser entre 100 y 200°C. Después de soldar, los componentes deberían enfriarse a temperatura ambiente antes del necesario PWHT (consultar las fichas técnicas). En los casos de reparaciones o recargues en campo, de componentes hidráulicos de la aleación 410NiMo (CA6NM), donde es de mucha dificultad el precalentamiento y el PWHT, existen procedimientos cualificados empleando consumibles Dúplex (pag. 30). Para una información más detallada, no dude en contactar con nuestro servicio técnico.

Electrodo recubierto para proceso según: EN ISO 111 / AWS SMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 3581-A	AWS A5.4
Microde 13RM	C20052A	E 13 R 3 2	E410-26
Microde 13.4NiMo	C20053A	E 13 4 R 3 2	E410NiMo-26

#### **Materiales a soldar:**

En la pag.47 encontrará la denominación de los aceros más usuales, que aplican a este apartado de acuerdo a las Normas ASTM, DIN y UNE-EN, lo que le facilitará la localización de los consumibles más adecuados.



### 3.2.-Aceros inoxidables Austeníticos y Súper-Austeníticos

**Este grupo de consumibles para estos aceros inoxidables, los clasificaremos en función de sus aplicaciones en los siguientes apartados:**

- Para los aceros comúnmente denominados 18/8 como los 301, 302, 304LN, 321 y 347.
- Para los aceros inoxidables austeníticos que contienen entre 1,5-3% de Mo, como los 316L, 318 y 317L.
- Para los aceros inoxidables súper-austeníticos como los 904L y la aleación 825.

Los consumibles para los dos primeros grupos deberán en todos los casos tener un contenido en carbono muy bajo (versión L), máximo de 0,04% y de 0,03% máximo para el grupo “c”. El bajo contenido en C, confiere un mejor comportamiento ante la oxidación / corrosión, pero limita la temperatura de servicio a un máximo de 400°C. En el apartado siguiente de inoxidables resistentes al calor, encontraremos los consumibles adecuados para los materiales base con un “C” no controlado entre 0,04% y 0,09% y los denominados “H” con carbono controlado de 0,4 a 0,8%.

#### **Aplicaciones:**

Las principales aplicaciones típicas son:

Grupo a), equipamientos de alimentación, destilerías, arquitectónicos, en trabajos en general y en la ingeniería nuclear.

Grupo b), en componentes resistentes a la corrosión en general, procesos marítimos y químicos, fabricación de papel, revestimientos, válvulas, cuerpos de bombas, procesos alimentarios, etc.

Grupo c), las principales aplicaciones son depósitos de procesos y tanques, sistemas de tuberías, agitadores e impulsores, válvulas y bombas de fundición para uso en plantas de ácido acético, sulfúrico, fosfórico y fertilizantes.

Para aplicaciones criogénicas, es necesario en los procesos 111, 136, disponer de un FN controlado entre 2 y 5, con el fin de conseguir la expansión requerida en el ensayo de energía de impacto. Consultar.

#### **Consejos de soldadura:**

En ningún caso es necesario el precalentamiento ni el PWHT. La temperatura entre pasadas, deberá ser de máximo 250°C para los grupos a) y b) y de máximo 150°C para el grupo c). Para una información más detallada, no dude en contactar con nuestro servicio técnico, en caso de necesitar cualquier aclaración, o bien consultar la correspondiente ficha técnica que podrá descargarse de nuestra página [www.codesol.com](http://www.codesol.com).

Electrodo recubierto para proceso según: EN ISO 111 / AWS SMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 3581-A	AWS A5.4
Inoxcode 308	C20063B	E 19 9 L R 1 2	E308L-17
Inoxcode 308L-15	C20063D	E 19 9 L B 1 2	E308L-15
Inoxcode 308L-16	C20063A	E 19 9 L R 1 2	E308L-16
Inoxcode 316	C20067B	E 19 12 2 L R 1 2	E316L-17
Inoxcode 316L-16	C20067A	E 19 12 2 L R 1 2	E316L-16
Inoxcode 317	C200610A	B: E 317L 1 6	E317L-16
Inoxcode 347	C20064A	E 19 9 Nb R 1 2	E347-17
Inoxcode 318	C20069A	E 19 12 3 Nb R 1 2	E318-17
Inoxcode 385	C20087A	E 20 25 5 CuNL R	E385-16
Inoxcode 383	C200810A	B: E 383 1 6	(E383-15)

Hilo para proceso MAG según: EN ISO 135 / AWS GMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codemig 308L	C20154A1	G 19 9 L	ER308L
Codemig 308LSi	C20154A11	G 19 9 L Si	ER308LSi
Codemig 347	C20154C1	G 19 9 Nb	ER347
Codemig 316L	C20154B1	G 19 12 3 L	ER316L
Codemig 316LSi	C20154B11	G 19 12 3 L Si	ER316LSi
Codemig 317L	C20154E11	(G 18 15 3 L)	ER317L
Codemig 318	C20154F1	G 19 12 3 Nb	ER318
Codemig 318Si	C20154F11	G 19 12 3 Nb Si	ER318Si
Codemig 385	C20154N1	G 20 25 5Cu L	ER385
Codemig 383	C20154R1	G 27 31 4Cu L	ER383

#### **Materiales a soldar:**

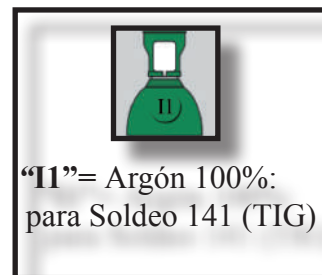
En la pag.48 encontrará la denominación de los aceros más usuales, que aplican a este apartado de acuerdo a las Normas ASTM, DIN y UNE-EN, lo que le facilitará la localización de los consumibles más adecuados.



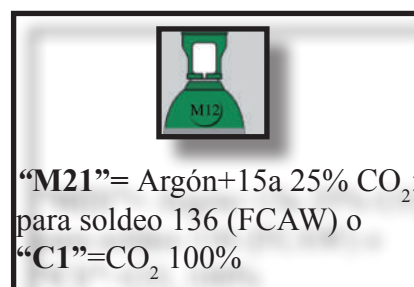
“M12”= Argón+0,5a 5% CO<sub>2</sub>: para soldeo 135 (MAG)

### 3.2.-Aceros inoxidables Austeníticos y Súper-Austeníticos

Varilla para proceso TIG según: EN ISO 141 / AWS GTAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codetig 308L	C20154A2	W 19 9 L	ER308L
Codetig 308LSi	C20154A12	W 19 9 L Si	ER308LSi
Codetig 347	C20154C2	W 19 9 Nb	ER347
Codetig 316L	C20154B2	W 19 12 3 L	ER316L
Codetig 316LSi	C20154B12	W 19 12 3 L Si	ER316LSi
Codetig 317L	C20154E12	(W 18 15 3 L)	ER317L
Codetig 318	C20154F2	W 19 12 3 Nb	ER318
Codetig 318Si	C20154F12	W 19 12 3 Nb Si	ER318Si
Codetig 385	C20154N2	W 20 25 5CuL	ER385
Codemig 383	C20154R2	W 27 31 4Cu L	ER383



Varilla Tubular para proceso TIG según: EN ISO 141 / AWS GTAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 17633-A	AWS 5.22
Codeflux TIG X308L	C201663D	T 19 9 L Z I1 2	R308LT1-5
Codeflux TIG X347	C201664D	T 19 9 Nb Z I1 2	R347T1-5
Codeflux TIG X316L	C201667D	T 19 12 3 L Z I1 2	R316LT1-5



Hilo tubular con gas, para proceso según: EN ISO 136 / AWS FCAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 17633-A	AWS A5.22
Codeflux 308L	C201663A	T 19 9 L R M21 2	E308LT0-1/4
Codeflux 308LP	C201663A1	T 19 9 L RPM21 2	E308LT1-1/4
Codeflux 316L	C201667A	T19 12 3LR M212	E316LT0-1/4
Codeflux 316LP	C201667A1	T 19123LRPM212	E316LT1-1/4

Hilo y flux para Arco Sumergido proceso según: EN ISO 12 / AWS SAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Hilo Subarc 308L	C20174A	S 19 9 L	ER308L
Hilo Subarc 347	C20174C1	S 19 9 Nb	ER347
Hilo Subarc 316L	C20174B	S 19 12 3 L	ER316L
Hilo Subarc 317L	C20174E	S 19 13 4 L	ER317L
Hilo Subarc 318	C20174F	S 19 12 3 Nb	ER318
Hilo Subarc 385	C20174N	S 20 25 5Cu L	ER385
Hilo Subarc 383	C20174R	S 27 31 4Cu L	ER383

Flux para Arco Sumergido proceso según: EN ISO 12 / AWS SAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14174-A	AWS
Flux S-260	C20176I	S A AF 1	-
Flux WP-380	C20176C	S A CS 1	-

**Materiales a soldar:**  
En la pag.48 encontrará la denominación de los aceros más usuales, que aplican a este apartado de acuerdo a las Normas ASTM, DIN y UNE-EN, lo que le facilitará la localización de los consumibles más adecuados.



### 3.3.-Aceros inoxidables Austeníticos Resistentes al calor

**Este grupo de consumibles para aceros inoxidables usados a elevadas temperaturas.**

Los consumibles para los 304H y 321H/347H, tienen un carbono controlado entre 0,04% y 0,08%, y su rango de temperatura de trabajo será de 400-815°C. En caso de tener que soldar aceros 304 o 347 sin terminación en “H” ni en “L”, se deberá comprobar el contenido de “C” y si es inferior o 0,04%, no serán aptos para temperaturas elevadas y deberán ser soldados con los consumibles adecuados, incluidos en el grupo anterior. Los consumibles para los aceros tipo 310 (25%Cr-20%Ni), tienen un “C” comprendido entre 0,08 a 0,15 y se conocen como “refractarios”, su rango de temperatura de trabajo en aplicaciones de alta temperatura es de 850-1200°C.

**Aplicaciones:**

Las principales aplicaciones típicas para los 304H y 321H/347H, son: plantas de procesos químicos y petroquímicos, ciclones, conductores en desintegradores catalíticos, partes de caldera, colectores de sobrecalentadores y algunos componentes de turbinas de vapor y de gas en la industria generadora de energía, etc. Los 310, con una gran resistencia a la oxidación hasta los 1200°C, tienen sus principales aplicaciones en blindajes en caliente, partes de horno, como parrillas y conductos, etc.


**Consejos de soldadura:**

No es necesario el precalentamiento ni el PWHT. La temperatura entre pasadas, deberá ser de máximo 250°C. Para una información más detallada, no dude en contactar con nuestro servicio técnico, en caso de necesitar cualquier aclaración, o bien consultar la correspondiente ficha técnica que podrá descargarse de nuestra página [www.codesol.com](http://www.codesol.com)

Electrodo recubierto para proceso según: EN ISO 111 / AWS SMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 3581-A	AWS A5.4
Inoxcode 308H	C20062B	E 19 9 H R 3 2	E308H-16
Inoxcode 347H	C20064B1	E 19 9 Nb H R 3 2	E347H-16
Inoxcode 310	C20074A	E 25 20 R 3 2	E310-16


Hilo para proceso MAG según: EN ISO 135 / AWS GMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codemig 308H	C20154A5	G 19 9 H	ER308H
Codemig 347H	C20154C5	G 19 9 Nb H	ER347H
Codemig 310	C20154J1	G 25 20	ER310

Varilla para proceso TIG según: EN ISO 141 / AWS GTAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codetig 308H	C20154A4	W 19 9 H	ER308H
Codetig 347H	C20154C4	W 19 9 Nb H	ER347H
Codetig 310	C20154J2	W 25 20	ER310



“M12”= Argón+0,5a 5% CO<sub>2</sub>; para soldeo 135 (MAG)





“I1”= Argón 100%: para Soldeo 141 (TIG)

**Materiales a soldar:**  
 En la pag.48 encontrará la denominación de los aceros más usuales, que aplican a este apartado de acuerdo a las Normas ASTM, DIN y UNE-EN, lo que le facilitará la localización de los consumibles más adecuados.

### 3.4.-Aceros inoxidable Austeno-ferríticos (Dúplex y Súper dúplex)

**Este grupo de consumibles para estos aceros inoxidable Austeno-ferríticos, corresponden a:**

Los llamados Dúplex con un contenido del 22% de Cr y los Súper Dúplex con un Cr del 25%. Estos aceros llamados Dúplex y Súper Dúplex debido a su doble microestructura cristalina aproximada de 50% de austenita en una matriz ferrítica del 50%. Esto, junto con el nivel general de la aleación, proporciona: un límite elástico muy superior a los de aceros austeníticos standard (304L, 316L, etc.), una buena resistencia a la corrosión en determinados ambientes y gran resistencia a la corrosión bajo tensión provocada por cloruros. La fórmula para el cálculo del grado equivalente a la resistencia por picadura  $PRE_N = Cr + 3,3Mo + 16N$ , con lo cual podremos calcular que aceros inoxidable tienen mejor comportamiento ante la corrosión por picadura.

**Aplicaciones:** Las principales aplicaciones típicas son:

En las industrias de procesos petroquímicos, químicos y de gas/crudo en sistemas de tuberías, líneas de flujo, potabilizadoras de agua de mar, conductos elevadores, plantas generadoras de ciclo combinado, etc.

**Consejos de soldadura:**

No es necesario el precalentamiento ni el PWHT. La temperatura entre pasadas, deberá ser de máximo 150°C. El input de calor puede ser del rango de 1,0-2,0 KJ/mm (dependiendo del espesor del material) pero algunos códigos más restrictivos lo fijan en un rango de 1,5 a 1,75 KJ/mm. El PWHT, normalmente en estos aceros no se efectúa, pero en las reparaciones de piezas fundidas generalmente se especifica y la experiencia nos indica que se obtienen buenas propiedades después de 3-6h a 1120°C y enfriado en agua.

Electrodo recubierto para proceso según: EN ISO 111 / AWS SMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 3581-A	AWS A5.4
Inoxcode 2209	C20082A	E 22 9 3 NL R 3 2	E2209-17

Hilo para proceso MAG según: EN ISO 135 / AWS GMAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codemig 2209	C20154P1	G 22 9 3 NL	ER2209
Codemig 2594	C20154S1	G 25 9 4 NL	ER2594

Varilla para proceso TIG según: EN ISO 141 / AWS GTAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Codetig 2209	C20154P2	W 22 9 3 NL	ER2209
Codetig 2594	C20154S2	W 25 9 4 NL	ER2594

Hilo tubular con gas, para proceso según: EN ISO 136 / AWS FCAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 17633-A	AWS A5.22
Codeflux 329A	C201682A	T22 9 3NLRM212	E2209T0-1/4
Codeflux 329AP	C201682A1	T22 9 3NLPRP M21 2	E2209T1-1/4

Hilo y flux para Arco Sumergido proceso según: EN ISO 12 / AWS SAW			
PRODUCTO	FICHA TÉCNICA	EN ISO 14343-A	AWS A5.9
Hilo Subarc 2209	C20174P	S 22 9 3 NL	ER2209
Hilo Subarc 2594	C20174S	S 25 9 4 NL	ER2594

En la pág. 21, podrá encontrar el diagrama WRC - 1992, que le permitirá poder determinar el FN de estos materiales.

#### Materiales a soldar:

En la pag. 48 encontrará la denominación de los aceros más usuales, que aplican a este apartado de acuerdo a las Normas ASTM, DIN y UNE-EN, lo que le facilitará la localización de los consumibles más adecuados.



“M12”= Argón+0,5a 5% CO<sub>2</sub>:  
para soldeo 135 (MAG)  
“I1”= Argón 100%:  
para Soldeo 141 (TIG)



“M21”= Argón+15a 25% CO<sub>2</sub>:  
para soldeo 136 (FCAW) o  
“C1”=CO<sub>2</sub> 100%