

Manual de ACEROS INOXIDABLES PARA SOLDADORES

INDURA[®]
Tecnología a su Servicio

Electrodos y Consumibles para Aceros Inoxidables

©INDURA S.A., Industria y Comercio
Inscripción en el Registro de Propiedad Intelectual N° 188598
Reservados todos los derechos.
Prohibida la reproducción de la presente obra,
en su totalidad o parcialmente,
sin autorización escrita de INDURA S.A.

Texto elaborado por:

Mauricio Ibarra Echeverría, Eduardo Núñez Solís y José Miguel Huerta Ibáñez, Gerencia de Desarrollo Tecnológico y SHEQ.

Colaboradores:

Judyth Sánchez Sánchez, Gerencia de Marketing y Gestión Comercial
Héctor Fritz Guínez, Gerencia Comercial

Otras obras editadas por INDURA:

“Manual para la recuperación y protección antidesgaste de piezas”

“Manual Sistemas y Materiales de Soldadura”

“Manual de Gases INDURA”

“Catálogo de Procesos y Productos”

Impresión de este libro:

Marzo 2010

2M Impresores Ltda.

INDURA S.A.

Av. Las Americas 585, Cerrillos, Chile

www.indura.net

Integrante de las siguientes asociaciones internacionales:

A.W.S. : American Welding Society

C.G.A. : Compressed Gas Association

I.O.M.A. : International Oxygen Manufacturers Association

En Chile, miembro integrante de:

ACHS : Asociación Chilena de Seguridad

ASIMET : Asociación de Industriales Metalúrgicos

ICARE : Instituto de Administración Racional de Empresas

ICHA : Instituto Chileno del Acero

SOFOFA : Sociedad de Fomento Fabril

Nota: INDURA, investiga e innova en forma permanente sus productos de acuerdo a las últimas tecnologías que se van desarrollando a nivel mundial. Por lo tanto las características de los productos aquí descritos pueden variar durante la vigencia de este libro.

ÍNDICE GENERAL

Temas generales de soldadura

Seguridad en soldadura al arco	4
Posiciones en soldadura	15
Esquemas básicos	16
Simbología en soldadura	17

Guía para soldadura de acero inoxidable

Introducción	19
--------------	----

Aceros Inoxidables

¿Qué es un Acero Inoxidable?	20
¿Cuál es el efecto del Cromo?	20
¿Qué son los Aceros Inoxidables de Cromo?	21
¿Qué son los Aceros Inoxidables al Cromo Níquel?	22
¿Cómo se impide la corrosión intergranular?	24
¿Cuál es el efecto del Molibdeno?	25

Tipos de Acero Inoxidables

Martensíticos	27
Ferríticos	28
Austeníticos	29

Consejos Prácticos

Para soldaduras planas	31
Para soldaduras verticales	31
Para soldaduras sobre cabeza	31
Para mayor resistencia a la corrosión	31
Metales disímiles	38

Electrodos

Arco Manual

• INDURA 308/308H	41
• INDURA 308 L	42
• INDURA 309 L	43
• INDURA 309 MoL	44
• INDURA 25-20	45

• INDURA 29-9S	46
• INDURA 316/316H	47
• INDURA 316L	48
• INDURA 347	49
• INDURA 13/4	50
• INDURA 2209	51

MIG

• INDURA ER 308 L	52
• INDURA ER 309 L	53
• INDURA ER 316 L	54

TUBULAR

• INDURA 308 LT1	55
• INDURA 309 LT1	56
• INDURA 316 LT1	57
• INDURA 308 L-O	58

TIG

• INDURA 308/308H	59
• INDURA 308 L	60
• INDURA 309 L	61
• INDURA 316 H	62
• INDURA 316 L	63
• INDURA 2209	64

Tablas

Dureza (Tabla Comparativa)	65
Aceros (Composición Química)	66
Aceros al Carbono	67
Aceros de Aleación	68
Composición Química de los Aceros Inoxidables	71

Ventajas de preferir productos y servicios INDURA

Elegir la línea de productos y servicios INDURA presenta ventajas en Productividad, Calidad, Seguridad y Medio Ambiente para nuestros clientes, dichas ventajas se sustentan en:

Cumplimiento de normas internacionales y nacionales:

INDURA cumple con las Normas AWS, además de ser auditado periódicamente por organismos certificadores como la American Bureau of Shipping (ABS), Lloyd's Register of Shipping (LRS), Germanischer Lloyd (GL), Nippon Kaiji Kyokai (NKK) y Canadian Welding Bureau (CWB).

Cobertura nacional e internacional:

INDURA posee cobertura nacional e internacional dada por una amplia red de plantas productivas, sucursales y distribuidores.

Asesoría técnica:

INDURA ofrece a sus clientes asesoría en terreno, en sus sucursales de venta y a través de su Centro de Servicio al Cliente.

Centros de formación técnica CETI:

INDURA ofrece a través de su Centro Técnico CETI variados servicios como: capacitación, calificación de procedimientos, calificación de soldadores, inspección, laboratorio de ensayos no destructivos, laboratorio mecánico y laboratorio químico.

Variedad de productos:

INDURA ofrece una amplia variedad de productos en soldadura, gases y equipos para diferentes aplicaciones.

Para mayor información de nuestros productos y servicios visítenos en www.indura.net

SEGURIDAD EN SOLDADURA AL ARCO

Cuando se realiza una soldadura al arco, durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor.

En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

Protección personal

Siempre utilice todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar. El equipo consiste en:

- 1.- **Máscara de soldar**, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
- 2.- **Gautes de cuero**, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- 3.- **Coletos o delantal de cuero**, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.
- 4.- **Polainas y casaca de cuero**, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones vertical y sobrecabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.
- 5.- **Zapatos de seguridad**, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
- 6.- **Gorro**, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones.

IMPORTANTE:

Evite tener en los bolsillos todo material inflamable como fósforos, encendedores o papel celofán.

No use ropa de material sintético, use ropa de algodón.

INDURA; como empresa miembro de AWS (www.aws.org) se suscribe a las normativas de seguridad de este organismo.

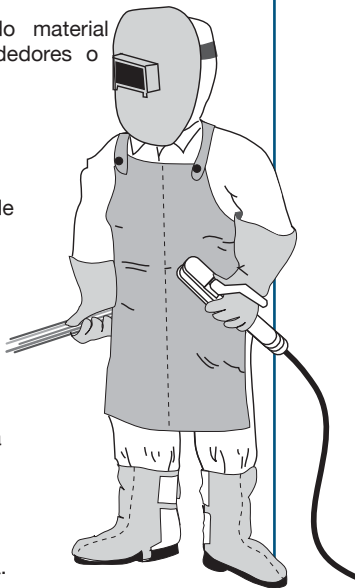
Para mayor información ver:

AWS Z49.1: 2005 Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes; Seguridad en Soldadura Corte y Procesos Afines.

AWS F3.2M/F3.2:2001 Ventilation Guide for Weld Fume; Guía para Ventilación de Humos de Soldadura.

Cada país posee legislación y reglamentos asociados a los procesos de Soldadura y Corte.

Consulte las normativas asociadas a seguridad en Soldadura y procesos afines válidos para su país.

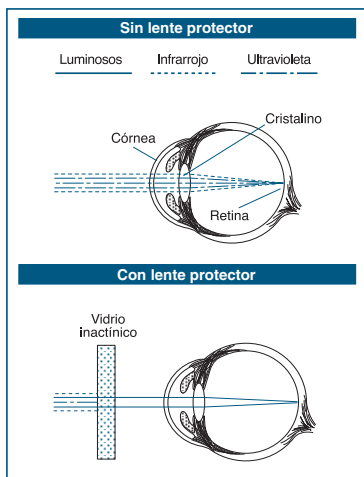


Protección de la vista

La protección de la vista es un asunto tan importante que merece consideración aparte. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza sobre los 4.000°C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioleta e infrarrojo.

El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente dolorosa. Su efecto es como “tener arena caliente en los ojos”. Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que ajuste bien y, delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada. La siguiente tabla le ayudará a seleccionar el lente adecuado:

Influencia de los rayos sobre el ojo humano:



Escala de cristal inactivo a usar (en grados), de acuerdo al proceso de soldadura, torchado y corte

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERES																							
	0.5	1	2.5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
Electrodos recubiertos								9			10		11			12		13		14				
MIG, sobre metales pesados												10		11		12		13						
MIG, sobre aleaciones ligeras												10		11		12		13		14				
TIG, sobre todos los metales y aleaciones							9		10		11		12		13		14							
MAG											10		11		12		13		14					
Torchado arco-aire																								
Corte por chorro de plasma																								
Soldadura por arco de microplasma	25	3	4	5			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								

Nota: Las áreas en azul corresponden a los rangos en donde la operación de soldadura no es normalmente usada. Según las condiciones de iluminación ambiental, pueden usarse un grado de protección inmediatamente superior o inferior al indicado en la tabla.
La expresión metales pesados abarca los aceros y sus aleaciones, el cobre y sus aleaciones, etc.

Seguridad al usar una máquina soldadora

Antes de usar la máquina de soldar al arco debe guardarse ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y herramientas adecuadas.

Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, deben observarse ciertas reglas muy simples:

MÁQUINA SOLDADORA (Fuente de poder)

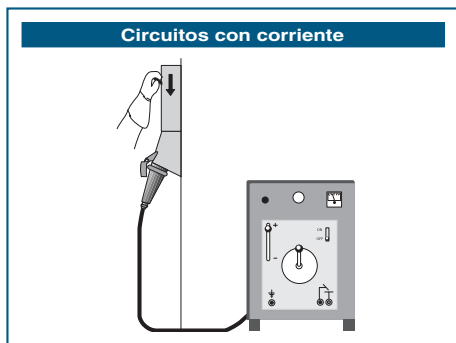
Recomendaciones para la instalación, operación y mantención:

Siga las siguientes recomendaciones para la instalación de su equipo:

- Sólo personal calificado debe realizar la instalación eléctrica del equipo.
- No instale o ponga el equipo cerca o sobre superficies combustibles o atmósferas inflamables.
- No sobrecargue el cableado de su instalación eléctrica.
- Respete el ciclo de trabajo que requiere su equipo para permitir su periodo de enfriamiento.
- Recuerde que el periodo de trabajo continuo de su equipo depende del amperaje utilizado.
- Revise cuidadosamente el automático y el circuito de alimentación.
- Cubra los bornes de la máquina de soldar.
- Asegúrese que el cable de soldadura posea la sección y las características necesarias para conducir la corriente que se requiere, no utilice cables en mal estado o inadecuados.
- Desconecte la energía eléctrica cuando realice la conexión del enchufe del equipo a la fuente de energía.

Circuitos con corriente:

En la mayoría de los talleres el voltaje usado es 220 ó 380 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho de que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el circuito. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.



Línea a tierra:

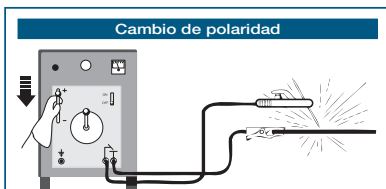
Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas produzca un choque eléctrico al operador, cuando éste, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. **Nunca opere una máquina que no tenga su línea a tierra.**

Cambio de polaridad:

El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa).

No cambie el selector de polaridad

si la máquina está operando, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los contactos del interruptor, destruyéndolos. Si su máquina soldadora no tiene selector de polaridad, cambie los terminales cuidando que ésta no esté energizada.



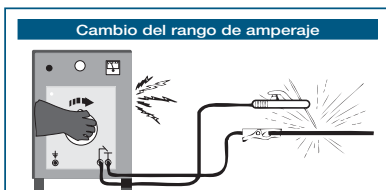
Cambio del rango de amperaje:

En las máquinas que tienen 2 o más escalas de amperaje no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se está soldando, esto puede producir daños en las tarjetas de control, u

otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, etc.

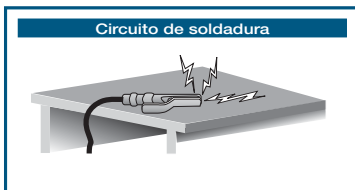
En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.

En máquinas tipo Shunt móvil, no es aconsejable regular el amperaje soldando, puesto que se puede dañar el mecanismo que mueve el Shunt.



Circuito de soldadura:

Cuando no está en uso el portaelectrodos, nunca debe ser dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el portaelectrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque en el transformador del equipo un corto circuito.



Seguridad en operaciones de soldadura

La soldadura no es una operación riesgosa si se respetan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.

Condiciones ambientales que deben ser consideradas:

Riesgos de incendio:

En el lugar de trabajo pueden estar presentes atmósferas peligrosas. Siempre tenga presente que existe riesgo de incendio si se juntan los 3 componentes del triángulo del fuego (combustible, oxígeno y calor). Observe que basta que se genere calor, (ni siquiera es necesaria una chispa) y recuerde que existen sustancias con bajo punto de inflamación. Algunas recomendaciones prácticas para prevenir riesgos de incendio son las siguientes:

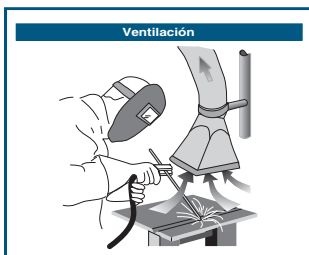
- Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles. Cuando el área de trabajo contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.

- Antes de iniciar un trabajo de soldadura siempre identifique las potenciales fuentes generadoras de calor y recuerde que éste puede ser transmitido a las proximidades de materiales inflamables por conducción, radiación o chispa.
- Cuando las operaciones lo permiten, las estaciones de soldadura se deben separar mediante pantallas o protecciones incombustibles y contar con extracción forzada.
- Los equipos de soldar se deben inspeccionar periódicamente y la frecuencia de control se debe documentar para garantizar que estén en condiciones de operación segura. Cuando se considera que la operación no es confiable, el equipo debe ser reparado por personal calificado antes de su próximo uso o se debe retirar del servicio.
- Utilice equipo de protección personal. Disponga siempre de un extintor en las cercanías del área de trabajo.
- Las condiciones de trabajo pueden cambiar, realice pruebas tan a menudo como sea necesario para identificar potenciales ambientes peligrosos.



Ventilación:

Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

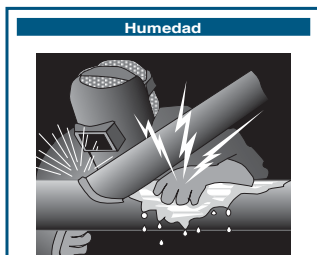


Humedad:

La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico.

El operador nunca debe estar sobre una poza o sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo.

Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos.



Seguridad en soldadura de estanques

Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación de soldadura extremadamente peligrosa. A continuación se detallan recomendaciones que deben ser observadas en este tipo de trabajo:

a) Preparar el estanque para su lavado:

La limpieza de recipientes que hayan contenido combustibles debe ser efectuada sólo por personal experimentado y bajo directa supervisión.

No deben emplearse hidrocarburos clorados (tales como tricloroetileno y tetracloruro de carbono), debido a que se descomponen por calor o radiación de la soldadura, para formar fosfógeno, gas altamente venenoso.

b) Métodos de lavado:

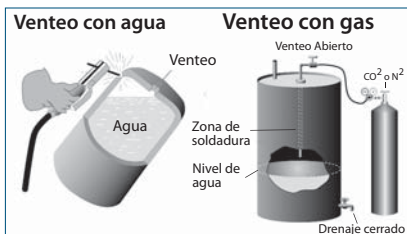
La elección del método de limpieza depende generalmente de la sustancia contenida. Existen tres métodos: agua, solución química caliente y vapor.

c) Preparar el estanque para la operación de soldadura:

Al respecto existen dos tratamientos:

- Agua
- Gas CO_2 o N_2

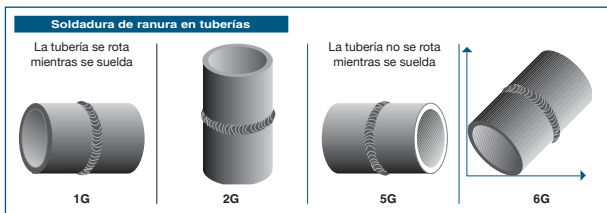
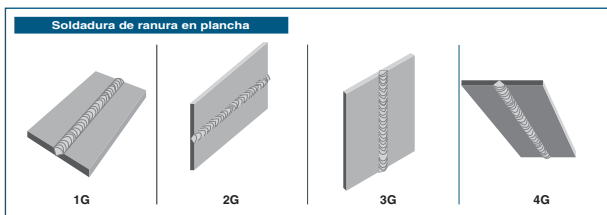
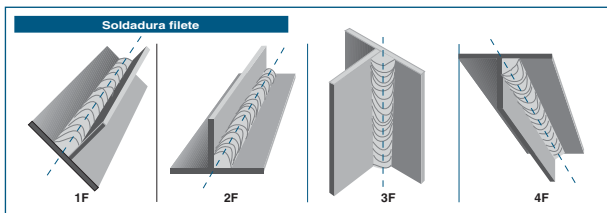
El proceso consiste en llenar el estanque a soldar con alguno de estos fluidos, de tal forma que los gases inflamables sean desplazados desde el interior.



POSICIONES EN SOLDADURA

Designación de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:2001

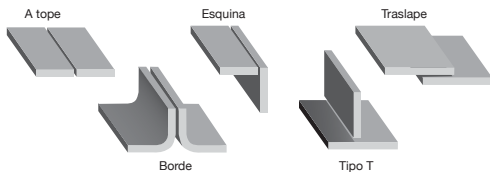
Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
-------	------------	----------	-------------



ESQUEMAS BÁSICOS

Esquemas Básicos de Soldadura

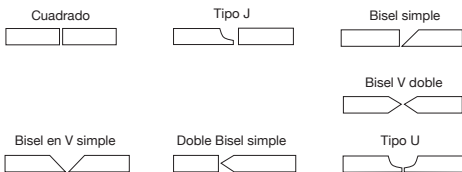
Tipos de unión



Tipos de soldadura



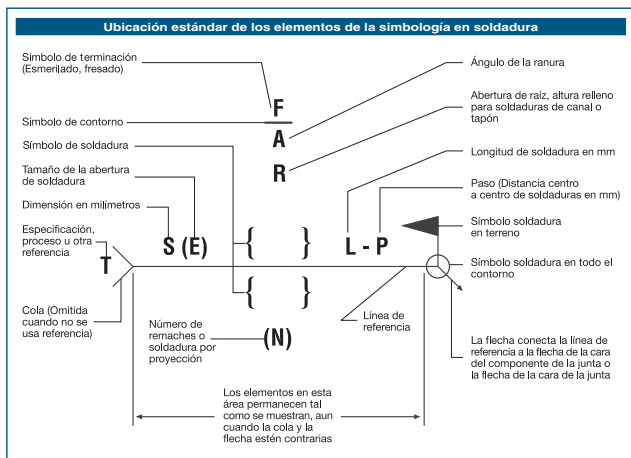
Formas de bisel



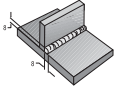
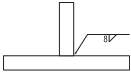
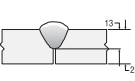
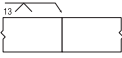
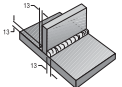
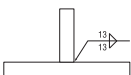

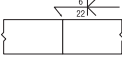
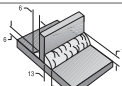
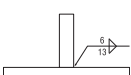
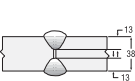

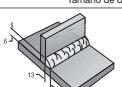
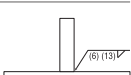
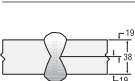
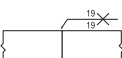
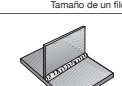


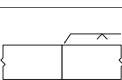
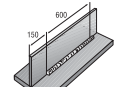
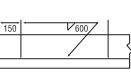
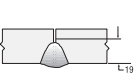
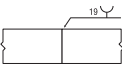
SIMBOLOGÍA EN SOLDADURA

La simbología en la especificación de trabajos de soldadura es una forma clara, precisa y ordenada de entregar información de operación. Existe para ello una simbología estándar que ha sido adoptada para la mayoría de los procesos de soldadura.

A continuación se muestra los diferentes significados que existen en una simbología de soldadura.



En las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de las aplicaciones de la simbología de soldadura.

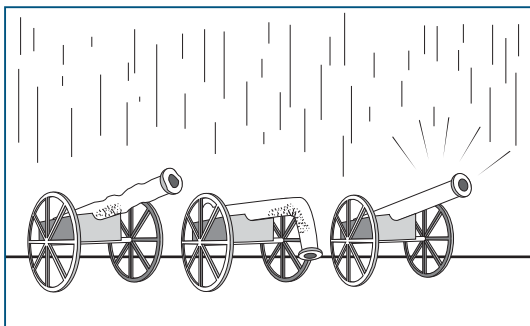
Soldadura	Simbología	Soldadura	Simbología
Ejemplo de soldadura de filetes		Ejemplo de soldadura de tope con bisel	
			
			
			
			
			
			
<p>Longitud de un filete</p>			

GUÍA PARA LA SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES

INTRODUCCIÓN

El origen del acero inoxidable

Existen muchas versiones diferentes sobre el origen del acero inoxidable. Una de las más dignas de crédito, afirma que un comerciante francés en chatarra se dio cuenta de que el tubo de un cañón permanecía brillante y limpio entre un montón de viejos y oxidados cañones de la Primera Guerra Mundial. Aparentemente no había sido afectado por el tiempo y la intemperie. Las investigaciones revelaron que se había agregado una cantidad excesiva de cromo al acero básico durante la fabricación de ese cañón en especial. Así, el acero inoxidable, una de las aleaciones más importantes que conoce el hombre fue descubierto por casualidad.



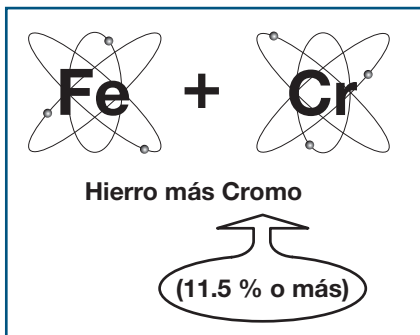
ACEROS INOXIDABLES

¿Qué es un Acero Inoxidable?

Simplemente es una aleación compuesta por Hierro (Fe), Carbono (C) y Cromo (Cr). El hierro es el elemento fundamental de todos los aceros inoxidable. Sin embargo, para hacer que el hierro sea “inoxidable”, el contenido de cromo en solución debe ser por lo menos de un 11,5%. Se agregan otros elementos, para proporcionar ciertas propiedades, se emplea casi nueve veces más hierro que cromo, debemos considerar que el cromo es el elemento aleante indispensable, tanto en los aceros inoxidable de la serie 300 como en los de la 400, donde las propiedades de resistencia a la corrosión son de gran importancia.

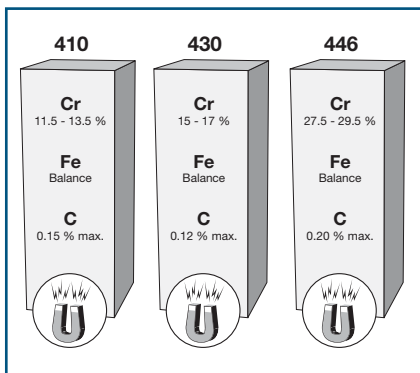
¿Cuál es el efecto del Cromo?

Cuando se agrega al hierro cantidades de cromo iguales o mayores a 11,5%, se forma espontáneamente en las superficies expuestas al aire una delgada, plateada y altamente adherente capa de óxido de cromo. Esta fina película actúa como una barrera para retardar futura oxidación o corrosión. El acero no puede oxidarse y por ello su nombre es ACERO INOXIDABLE.



¿Qué son los Aceros Inoxidables al Cromo?

Existen casi 15 tipos principales de acero inoxidable compuestos casi exclusivamente de cromo, hierro y cantidades controladas de carbono. Estos son los que se conocen como la “serie 400”, en ella se pueden agregar pequeñas cantidades de otros elementos para proporcionar dureza, resistencia, facilidad de maquinado, etc. Los tres tipos que se muestran aquí, 410, 430 y 446, se usan mucho en toda la industria. En lo que respecta a la aleación, la única diferencia entre ellos consiste en la cantidad de cromo que se ha agregado al hierro, que va del 11,5% al 29%. Los aceros inoxidables de la serie 400 son altamente magnéticos.



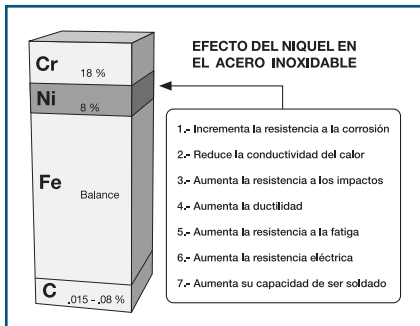
¿Qué son los Aceros Inoxidables al Cromo Níquel?

La adición de Níquel a la aleación básica de Hierro / Carbono / Cromo, da como resultado los aceros inoxidable de la serie 300, comúnmente conocidos como tipos “cromo níquel”. Originalmente, las composiciones de cromo y níquel se componían de 18% de Cr y 8% de Ni – de aquí el término tan usado de “inoxidable 18/8”. Las modificaciones del 18/8 original (308) se designan 18/8 Cb (347), 18/8 Mo (316) y 18/8 Ti (321). Todos ellos fueron conocidos como el “Grupo 18/8”.

Hay dos puntos importantes que debemos recordar de la serie 300:

- 1- Todos ellos contienen níquel.
- 2- Son no magnéticos.

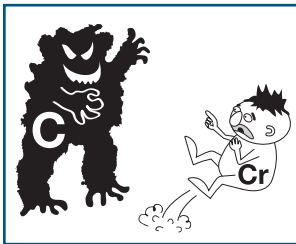
Números AISI* comunes dentro de la serie 300: 301, 302, 302B, 303, 303SE, 304, 305, 308, 309, 310, 312, 316, 317, 321, 347, 304L, 308L, 316L.



*Norma americana: American Iron and Steel Institute.

El Carbono es con frecuencia el villano en el grupo 18/8

Para bien o para mal, los metales base de la serie 300 también contienen carbono. En la mayoría de los casos particularmente el grupo 18/8 donde la soldadura es necesaria, el carbono es un elemento indeseable que debe ser minimizado o controlado por medio de estabilizadores. Es importante entender la reacción del carbono cuando se somete a los metales tipo 18/8 al calor de la soldadura.

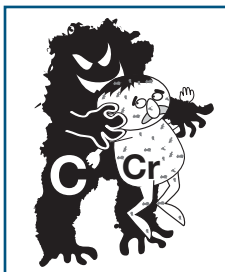


La precipitación de Carburos de Cromo ¡Un indeseable!

Es la causa más común de corrosión en el área de soldadura.

Bajo ciertas condiciones el carbono se combina con el cromo, formando carburos que no tienen ninguna resistencia a la corrosión.

Esta reacción química se conoce generalmente como la “Precipitación de Carburos de Cromo”.



Los carburos de cromo se forman cuando el acero pasa lentamente a través de temperaturas de 430°C a 870°C , tal como puede ocurrir durante la soldadura. Bajo estas condiciones el carbono inhibe la acción del cromo y las zonas alrededor del carburo de cromo quedan susceptibles a la corrosión. Ello ocurre en el metal base adyacente a la soldadura y se conoce como corrosión intergranular. Usualmente, la soldadura en si no resulta afectada.

¿Cómo se impide la corrosión intergranular?

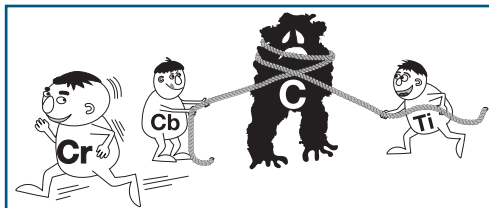
Cuatro respuestas:

1.- Límite el nivel de carbono al 0,03% o menos en los metales base, lo que es suficientemente bajo para minimizar la formación del perjudicial carburo de cromo. Los aceros inoxidables con niveles máximos de carbono del 0,03% son conocidos comúnmente como tipo ELC (Carbono Extra Bajo) o tipo L (Bajo).

2.- Agregue cualquiera de los elementos, Columbio (Cb) o Titanio (Ti), llamados estabilizadores. Estos dos elementos se combinan preferentemente con el carbono para formar inofensivos carburos de Columbio o de Titanio. Estos carburos no afectan la resistencia a la corrosión y dejan al cromo libre para realizar su labor. Los metales estabilizados son llamados tipos 347 (Cb) y 321 (Ti).

3.- La precipitación de carburo puede controlarse también hasta cierto punto, usando electrodos de menor diámetro, menor temperatura y, si es posible, enfriando después de cada pasada para reducir el tiempo en que la zona afectada por el calor permanece entre los 430°C y los 870°C.

4.- Otra práctica común utilizada en los trabajos de fundición, es calentar toda la soldadura hasta los 1.150°C y luego enfriar rápidamente en agua.

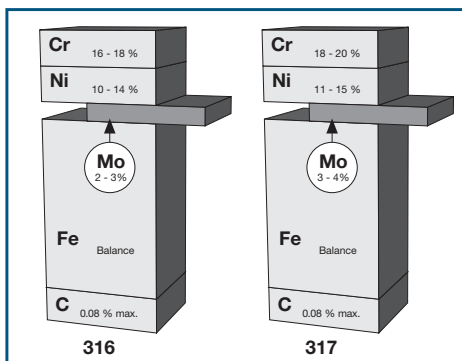


¿Cuál es el efecto del Molibdeno?

El molibdeno es otro elemento de aleación que se usa para mejorar las cualidades del acero inoxidable. Dos de los tipos de acero inoxidable más comunes que contienen molibdeno son el 316 y 317.

1.-Aumenta la resistencia a la deformación lenta a elevadas temperaturas, conocida como Creep.

2.-Aumenta la resistencia a las picaduras (pitting) en aplicaciones expuestas a la corrosión. Las picaduras pueden ocurrir en el tipo 304 cuando ciertos líquidos corrosivos (como el agua del mar) suben y bajan alternativamente humedeciendo y exponiendo la superficie al aire.

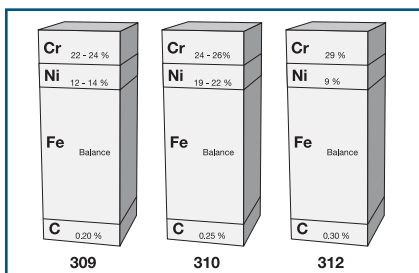


No todos los de la serie 300 son inoxidables de bajo Carbono

En los aceros inoxidables tipo 18/8 es importante mantener bajos los porcentajes de carbono a fin de mejorar su resistencia a la corrosión. En cambio existen otros grados dentro de la serie 300 que tienen cantidades significativamente más altas de carbono y de cromo. Estos incluyen los metales base 309 y 310, así como el tipo 312 que se encuentra principalmente en piezas fundidas. En estos casos el contenido mas alto de carbono es benéfico, porque mejora las propiedades mecánicas a temperaturas muy altas y el mayor contenido de cromo mejora la resistencia a la formación de escamas a altas temperaturas. Los tipos 309HC y 310HC en versiones de fundición con carbono entre 0.25% y 0.45%, encuentran muchas aplicaciones en tuberías para refrigerantes de sistemas nucleares, para uso de hornos de cemento, componentes de hornos, etc.

Clasificación de los electrodos

La American Welding Society o AWS, ha establecido un número de sistemas que incorporan la designación de series inoxidables que se usa como un método normal para identificar los electrodos inoxidables. Los tres primeros dígitos indican la composición del electrodo y los dos últimos, separados con un guión indican el tipo de revestimiento. En los casos en que aparezca la letra “L” indica bajo contenido de carbono en el depósito.



TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES

Los aceros inoxidable se dividen en tres grupos principalmente, los cuales reciben el nombre de la fase metalúrgica que se encuentra a temperatura ambiente, ellos son:

Martensíticos:

Estos aceros contienen entre 11,5% y 18% de cromo, como su principal elemento de aleación. Algunos ejemplos de este grupo son los aceros martensíticos AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502.

Siempre que sea posible se deben emplear como metal de aporte aleaciones austeníticas (ejemplo: E309-E310-E312) con el fin de absorber las tensiones en las zonas cercanas al cordón y así evitar grietas. Cuando se usan electrodos inoxidable martensíticos, es conveniente precalentar entre 300°C-350°C las piezas que van hacer soldadas. Después de la soldadura y una vez enfriadas las piezas, se recomienda un revenido entre 600°C a 700°C.

La resistencia óptima a la corrosión de estos aceros se obtiene efectuando tratamientos térmicos de temple y revenido a las temperaturas requeridas; sin embargo, esta resistencia a la corrosión no es tan buena como los aceros austeníticos o ferríticos.

Su campo de acción está en piezas que están sometidas a corrosión y que requieren de cierta resistencia mecánica. Se utilizan generalmente en aletas para turbinas, rodetes de turbinas hidráulicas, fundiciones resistentes a la corrosión, cuchillería, piezas de válvula, etc.



Ferríticos:

Los aceros inoxidable ferríticos, contienen entre 17% y 27% de cromo. Ejemplos de estos son los aceros AISI 405, 432, 442, 446.

Estos aceros no se endurecen por tratamiento térmico, sino sólo moderadamente mediante trabajo en frío. Son magnéticos al igual que los martensíticos. Pueden trabajarse en frío o en caliente, pero alcanzan su máxima suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.

En los aceros ferríticos con un contenido alto de cromo, existe el peligro de la formación de la fase sigma (dura y frágil) cuando se les mantiene durante mucho tiempo a temperaturas cercanas a 470°C. Por otro lado, los aceros ferríticos son muy propensos al crecimiento del grano, (850°C-900°C), inconveniente para la soldadura. Si las piezas a soldar son de dimensiones considerables, se recomienda pos-calentar las piezas entre 700°C a 850°C, seguido de un enfriamiento rápido.

Como los aceros ferríticos se pueden deformar fácilmente en frío, se utilizan mucho para estampados profundos de piezas, como recipientes para industrias químicas y alimenticias, y para adornos arquitectónicos o automotrices.



Austeníticos:

Estos son los aceros inoxidable al cromo-níquel (tipo 3XX) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2XX). Son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El contenido total de níquel y cromo es de por lo menos 23%. Se pueden trabajar fácilmente en caliente o en frío. El trabajo en frío les imparte una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en esta condición, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético. Son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinarse. De todos los aceros inoxidables, estos son los que tienen la mejor resistencia a elevadas temperaturas y a la formación de escamas. Su resistencia a la corrosión suele ser mejor que la de los aceros martensíticos o ferríticos.

Debido a que el acero inoxidable se expande un 50% más que el acero al carbono y su conducción de calor es muy inferior, éste tiende a combarse o torcerse al ser soldado. Para evitar tal inconveniente se debe emplear la corriente de soldadura más baja posible o soldar a mayor velocidad. El uso de un respaldo de cobre ayudará mucho a disipar el calor y evitar las distorsiones.



A continuación se detalla una lista de las principales recomendaciones para la soldadura de estos aceros:

1.- Usar electrodos con porcentajes extra bajos en carbono (0.03% max.).

2.- Limpiar cuidadosamente el área y las piezas a soldar para prevenir la inclusión de partículas de carbono en la soldadura. Limpie las inclusiones de carbono en el cordón, después de cada pasada.

3.- Use electrodos de acero inoxidable que han sido adecuadamente almacenados. La absorción de humedad por el revestimiento del electrodo puede provocar porosidad y grietas en el cordón de soldadura.

4.- Usar el menor diámetro posible de electrodo para mantener al mínimo el aporte de calor.

5.- Evitar excesiva oscilación haciendo cordones delgados para obtener mejor calidad de soldadura y prevenir sobrecalentamientos.

6.- Mantener el arco corto para mejor control direccional y evitar pérdidas de elementos de aleación. Un arco largo puede quemar el cromo y reducir así la resistencia a la corrosión.

7.-Evitar calor excesivo. Usar el amperaje recomendado para el diámetro correspondiente al electrodo.

8.- En aceros no estabilizados minimizar el tiempo en que la temperatura de soldadura esta en el rango 400 – 900 °C. Si existe precipitación de carburos, efectuar tratamiento térmico a temperaturas entre 1050° C y 1100° C para redissolverlos y después enfriar rápidamente en agua.

CONSEJOS PRÁCTICOS

La limpieza superficial del trabajo es necesaria para obtener una soldadura sana y sin poros. Se debe quitar toda la suciedad, grasa y materiales extraños por medio de limpiadores, desengrasantes, maquinando o esmerilado. Se deben usar sólo cepillos de acero inoxidable para evitar la contaminación. El biselado con plasma o el corte con electrodo dejan, por lo general, una capa de óxido que debe ser retirada antes de soldar.

Para soldaduras planas:

El electrodo debe sostenerse a un ángulo de 15° con el extremo superior inclinado en el sentido del avance. Se debe mantener un arco tan corto como sea posible.

Para soldaduras verticales:

El electrodo se mantendrá perpendicular a la placa, usando una ligera oscilación en el cordón de raíz.

Para soldadura sobre cabeza:

El depósito se debe hacer con cordones rectos y un arco corto. Se debe evitar la oscilación.

Para mayor resistencia a la corrosión:

Los depósitos de soldadura inoxidables se deben hacer con el mínimo amperaje que sea práctico y con cordones rectos en vez de cordones oscilados. Los cordones rectos minimizan la entrada de calor y reducen la tendencia al agrietamiento de las uniones soldadas. Si fuera necesario usar cordones oscilados, debe limitarse a 2,5 veces el diámetro del electrodo. Llenar siempre los cráteres de las soldaduras inoxidables, antes de cortar el arco.

Un amperaje demasiado alto:

Y/o un arco demasiado largo, pueden producir graves salpicaduras, grietas en la soldadura, socavación, mal control del cordón, difícil remoción de la escoria y pérdida de la resistencia a la corrosión.

Un amperaje demasiado bajo:

Puede dar como resultado un arco inestable, al mismo tiempo se pega el electrodo, existe interferencia de la escoria en el arco, demasiadas salpicaduras y mal aspecto del cordón.

Dificultad para remover la escoria:

Puede ser ocasionada también por contaminantes en las piezas, soldaduras disparejas y mal realizadas, humedad absorbida por el revestimiento y por uniones demasiado estrechas que no permiten que la escoria se expanda cuando se la golpea. A todas las soldaduras se les debe permitir que se enfríen algo, antes de tratar de quitar la escoria.

Grietas en soldaduras inoxidables:

Pueden ser causadas por muchos factores, incluyendo cráteres sin rellenar, un arco demasiado largo al principio y al final de un cordón de soldadura, sobrecalentamiento de la pieza, excesivas velocidades de soldadura, mal diseño de la unión y uso incorrecto del electrodo. El excesivo calentamiento y los cráteres sin rellenar, causan la mayoría de los problemas por grietas. Esto es particularmente importante en aceros inoxidables tipo 310 y 330, los cuales son completamente austeníticos (no contienen Ferrita) y son susceptibles de agrietamiento en caliente.

Alta penetración:

No es necesaria para la adecuada unión del metal de relleno con el metal base. Si el acero inoxidable está limpio y pulido antes de soldar, no se requiere más. Causa problemas sin ofrecer ventajas.

Fallas en la soldadura:

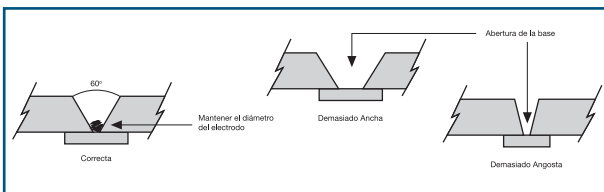
Descubiertas por inspección con rayos-X, deben ser evaluadas individualmente. Apegándose a las adecuadas técnicas de soldadura, normalmente se obtendrán cordones lisos y densos de los cuales se pueden quitar fácil y totalmente toda la escoria, dejando una base limpia para el próximo cordón. Para asegurar soldaduras de calidad “rayos-X”, se debe remover toda la escoria y las socavaduras (si es necesario con esmeril) antes de reiniciar la soldadura.

Use solo inoxidables de calidad:

La calidad de las piezas de acero inoxidable y de los materiales para la soldadura varía mucho. Es necesario asegurarse de que solo se usen las piezas y electrodos que cumplan con las especificaciones tales como las de AWS, AISI, ASME y Mil- E-22200/2A.

Es esencial un buen diseño de unión:

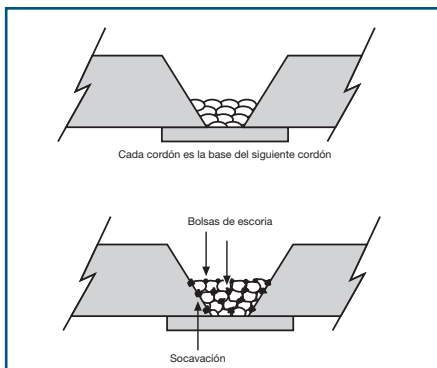
Las uniones de un diseño adecuado son absolutamente esenciales. Los biseles con aberturas demasiado angostas harán que la soldadura sea difícil y estorbarán para el retiro de la escoria. Un bisel excepcionalmente ancho requerirá demasiado metal de relleno y aumenta el costo del trabajo. Se considera que un ángulo de 60° es correcto para la mayoría de los trabajos, excepto para secciones de gran espesor. La abertura de la raíz debe ser igual al diámetro del electrodo.



La estructura de los cordones es importante:

Evitar la mala formación de los cordones. Esto puede originar mala penetración y bolsas de escoria. Las bolsas de escoria o inclusiones como a veces se les llama, se pondrán de manifiesto en una prueba con rayos-X. Si está en un área crítica, la soldadura fallará también en la prueba de doblado.

Las uniones se deben diseñar con espacio suficiente para permitir el retiro de la escoria. La escoria debe ser retirada por completo en las soldaduras inoxidables. La escoria de los electrodos revestidos con dióxido de titanio para CA-CC, casi siempre se rompe en grandes trozos. La escoria de electrodos con revestimiento alcalino se desmenuza fácilmente, por tanto se requiere de mayor cuidado para quitar todas las partículas pequeñas. Son preferibles los cordones planos de bajo perfil porque hacen que el trabajo sea más fácil.



¡Cuidado con la humedad!

Tanto el metal inoxidable base como los electrodos para soldar, deben ser preservados de la humedad. La humedad en la superficie de la pieza o del depósito de soldadura, no representa ningún problema si se descubre a tiempo y se toman las acciones correctas. Sin embargo, si la humedad esta atrapada en una unión estrecha puede producir porosidad y debilitará toda la estructura de la soldadura.

Las pruebas tales como rayos-X usualmente revelaran fallas. El único método para reestablecer la integridad de la soldadura es esmerilar en las áreas afectadas y volver a soldar. Esto aumentará los costos del trabajo tanto en términos de tiempo como de dinero.



Existen muchas fuentes posibles de humedad y la más obvia es el agua que se usa para enfriar una soldadura de la serie 300. De hecho, es tan obvia que rara vez es la causa de la porosidad porque, en este caso, los soldadores normalmente se aseguran que la pieza esté seca antes de reanudar el trabajo. Son las fuentes menos obvias las que deben considerar, tales como: un trapo mojado abandonado sobre la pieza, salpicaduras de una taza de café o una botella de refresco, una manguera que gotea, una manguera de aire usada para soplar la escoria, etc. A propósito de la manguera de aire, en condiciones de humedad extrema, la humedad se puede condensar en la manguera y el soldador sin darse cuenta soplará agua en la unión.

Es importante mantener seca la pieza de acero inoxidable. Si la humedad nocturna es alta, la condensación se puede concentrar en las uniones. Si no se quita esta humedad antes de soldar, se presentarían todos los problemas como porosidad. Dificultad para quitar la escoria y demás.

Si se sospecha que una unión no está completamente seca, se puede soplar el agua con una manguera de aire (seco) o se puede calentar el área con un soplete para eliminar la humedad.

Los recubrimientos de los electrodos absorben humedad

Otro problema lo constituye el bajo nivel de hidrógeno aceptable en los revestimientos de todos los electrodos de acero inoxidable. Las normas sostienen que los electrodos de bajo hidrógeno no deben ser expuestos a humedades del 50% por más de dos horas. Si se presenta esta condición de alta humedad, los recubrimientos pueden absorber suficiente humedad para ocasionar problemas al soldar. La primera identificación de electrodos húmedos es la dificultad para quitar la escoria. La segunda, por supuesto, es la porosidad visible.

Mantenga secos los electrodos

Una vez que se abren los envases de los electrodos y se exponen éstos al aire, los electrodos no usados deben permanecer en hornos para electrodos, a fin de asegurar que permanecerán libres de humedad. En el lugar de trabajo, se deben guardar en hornos portátiles.

Si se detectan electrodos húmedos, los electrodos fabricados por INDURA se pueden resecar entre 300°C a 350°C durante una hora para reducir el nivel de humedad. Si cualquier electrodo se moja, este debe ser eliminado.

¡CUIDADO CON OTROS CONTAMINANTES!

El agua y la humedad no son las únicas causas de soldaduras defectuosas. Casi todas las planchas inoxidable están protegidas con papel al entregarse. Este papel se fija a la placa por medio de un adhesivo de presión. Cuando se quita el papel se debe eliminar por completo el adhesivo con un limpiador o el calor formará gases que causarán porosidad.

Cosas tales como el azufre en el aceite para cortes que se usan para maquinar una unión, pueden causar cambios que ocasionaran no solo porosidad, si no que aumentarán el contenido de carbono. Irónicamente, no hace ningún bien al fabricante esforzarse mucho para conservar al mínimo el carbono en los electrodos, sólo para ver que se les agrega carbono por prácticas descuidadas.

Fuentes de carbono

Algunas de las fuentes más comunes de carbono que se encuentran en todos los talleres de soldadura, son: Barnices, pinturas, compuestos, anti-salpicaduras y el siempre presente lápiz graso. Este último contiene una gran cantidad de carbono.



- Barnices
- Pinturas
- Compuestos
- Anti-salpicaduras
- Lápiz graso

METALES DISÍMILES

Selección de electrodos de acero inoxidable para la unión de metales disímiles.

Nuestro electrodo 25-20, ha sido la alternativa número uno por muchos años para todos los soldadores que deben soldar diversos aceros de composición desconocida. El tipo 309 es también popular. En los últimos años, el 29-9 se ha convertido probablemente en el líder en el campo debido a su mayor resistencia a la tensión, la cual por su misma no es siempre una buena razón para usarlo.

El tipo 29-9 es un electrodo muy suave y fácil de manejar. El tipo 308 ha sido usado con éxito en la fabricación y mantenimiento de acero al manganeso tipo "Hadfield".

El tipo 308 "no" se recomienda para soldar metales disímiles excepto el acero al manganeso y soldaduras livianas que nunca serán sometidas a tensión.

Para tener buena resistencia y ductilidad, el depósito de soldadura debe conservar cuando menos un 18% de cromo y 8% de níquel. Usando un tipo de 308 (20% de cromo y 10% de níquel) para soldar aceros al carbono o de baja aleación, probablemente bajará el cromo y el níquel a valores por debajo de 18 y de 8 debido a la dilución. Esto dará como resultado la pérdida de la ductilidad en la soldadura.



La austenita es la estructura que se encuentra en los aceros al carbono a 870°C. A esta temperatura el acero al carbono es suave y dúctil, pero no tiene resistencia. Al enfriarse, la austenita cambia a otras formas, una de las cuales es la martensita que se produce cuando el enfriamiento es rápido. La martensita es dura, frágil, y tiene una buena resistencia, pero poca ductilidad. Los inoxidables austeníticos combinan alta resistencia con alta ductilidad a casi cualquier temperatura a la cual los pudiera someter la soldadura.

1.- El tipo 25-20 es completamente austenítico y puede tolerar una dilución del 46% con el acero dulce antes de convertirse en martensita. Los tipos 309 y 29-9 también se portan muy bien a este respecto, pero el tipo 308 (que es mucho más bajo en cromo) tiene una relativamente pequeña capacidad de dilución y, por lo tanto, su confiabilidad para muchos metales disímiles es limitada.

2.- El éxito del inoxidable en este tipo de soldaduras consiste en su habilidad para formar una excelente unión con cualquier acero soldable y con corrientes más bajas que las que se requieren para electrodos de baja aleación. Una generación menor de calor tiene como consecuencia una menor zona afectada por el calor. Las corrientes bajas también reducen la dilución del metal de soldadura con el metal base, proporcionando así una unión que tendrá propiedades mecánicas óptimas.

Tipo	Observaciones
29-9	Es el menor electrodo de uso general para metales disímiles de 100.000 psi (690M Pa) o más.
25-20	Usado para "enmantecillar" uniones de gran espesor o para el relleno de uniones pequeñas o medianas, en aceros de 90.000 psi (620 M Pa) o menos.
309 309L	Este es el mejor electrodo de uso general para aceros de 90.000 psi (620 M Pa) o menos. En general tiene 5% más alargamiento que el 310 y 10% más que el 312.
308	Es adecuado para unión y reconstrucción de aceros al manganeso, tipo HADFIELD.
309Mo L	Para unir inoxidables con aceros de baja aleación en aplicaciones para corrosión y para soldaduras de primer paso al hacer capas superpuestas resistentes a la corrosión.

ELECTRODOS

INDURA 308/308H

AWS: E 308/308H-16

Descripción: Electrodo de composición típica 19% Cr y 10% Ni. Altamente resistente contra la fragilidad por fase sigma. Fácil remoción de escoria y excelente presentación del cordón.

Usos: En general se recomienda para soldadura de metales base de composición similar. Para soldadura de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 8-13% Ni, y con altos contenidos de carbono, tipo 304H. Se utiliza en donde el acero inoxidable esta sometido a temperaturas de servicios inferiores a 750° C.

Aplicaciones típicas: Aceros tipo AISI 301, 302, 304 y 305.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.05%	Mn: 0.54%
Si: 0.67%	P: 0.021%
S: 0.005%	Cr: 18.7%
Ni: 10.2%	Mo: 0.07%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 590 MPa

Elongación (L=4d) 53%

INDURA 308 L

AWS: E 308 L-16

Descripción: Tiene un revestimiento rutilico, lo que permite soldar con CA o CCEP. Arco estable de transferencia spray, depósito de excelente forma y apariencia. La escoria se desprende fácilmente, muy buena reanudación de arco. El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Usos: Aceros inoxidables austenítico con un contenido extra bajo de carbono. El contenido de 0.04% de carbono, evita la formación y la precipitación de carburos. Excelente protección contra la corrosión intergranular. Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, producida por los ácidos y soluciones de celulosa. Se recomienda su uso en soldaduras intermitentes.

Aplicaciones típicas: Aceros Inox. 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348. Equipos químicos y petroquímicos. Estanques.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 0.63%
Si: 0.76%	P: 0.025%
S: 0.008%	Cr: 18.7%
Ni: 10.0%	Mo: 0.18%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 590 MPa
Elongación (L=4d) 53%.

INDURA 309 L

AWS: E 309 L-16

Descripción: Su bajo contenido de carbono previene la precipitación de carburos de cromo. Excelente contra la corrosión intergranular. Excelente operatividad en toda posición.

Usos: Adecuado para uniones de aceros inoxidable a aceros bajo carbono y baja aleación. Apto para enmantequillado (buttering) y como depósito base para aplicaciones que requieren un posterior recubrimiento duro. Su depósito tiene excelente resistencia a la corrosión a temperatura ambiente, fue primordialmente diseñado para resistir la oxidación a altas temperaturas (1000°C).

Aplicaciones típicas: Adecuado para aceros AISI 309, 309L, 309Cb, 304, 304L, 321, 347 y soldaduras disímiles.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 0.69%
Si: 0.80%	P: 0.022%
S: 0.009%	Cr: 22.5%
Ni: 13.4%	Mo: 0.16%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 555 MPa

Elongación (L=4d) 42%

INDURA 309MoL

AWS: E 309 MoL-16

Descripción: Electrodo con revestimiento rutilico, para aceros inoxidable austeníticos. Su composición es igual al E-309Mo, excepto por el contenido de carbono reducido, el cual disminuye la posibilidad de corrosión intergranular y corrosión por pitting.

Usos: Ideal para uniones disímiles entre aceros inoxidable y aceros al carbono a de baja aleación. Para soldadura de aceros inoxidable que contienen Cr-Ni-Mo.

Aplicaciones típicas: Soldadura de metales disímiles. Unión de aceros AISI 309 MoL y para reparaciones de Clad Steel tipo AISI 316 y 316L.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 0.73%
Si: 0.51%	P: 0.018%
S: 0.010%	Cr: 22.3%
Ni: 12.5%	Mo: 2.39%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 680 Mpa
Elongación (L=4d) 40%

INDURA 25-20

AWS: E 310 -16

Descripción: Tiene revestimiento rutilico, lo que permite soldar con CA o CC, electrodo positivo. Arco estable de transferencia spray. Depósito de acero inoxidable austenítico con excelente forma y apariencia. La escoria se desprende fácilmente y una muy buena reanudación de arco. Se puede usar en forma intermitente. Excelente operatividad.

Usos: Está especialmente diseñado para soldar aceros inoxidables del tipo 310 y 314. Alta resistencia a la tracción y a la corrosión hasta temperaturas de 1.050° C. Para soldar aceros de composición desconocida y aceros disímiles.

Aplicaciones típicas: Rellenos de ejes. Aceros 310, 314, 310Cb. Componentes sometidos a temperatura. Soldadura de aceros disímiles.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.13%	Mn: 1.25%
Si: 0.71%	P: 0.021%
S: 0.008%	Cr: 28.8%
Ni: 21.4%	Mo: 0.10%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 593 MPa
Elongación (L=4d) 30%

INDURA 29-9S

AWS: E 312-16

Descripción: Tiene revestimiento rutilico, lo que permite soldar con CA o CC, electrodo positivo. Arco estable de transferencia spray. Depósito de acero ferrítico austenítico. Su escoria que se desprende fácilmente, y una buena reanudación del arco, permite usarlo en soldaduras intermitentes.

Usos: Para aceros inoxidable de alta resistencia tipo 312 y para aceros de diferente composición en que uno es alto en níquel. El depósito es sumamente resistente a las fisuras y grietas debido a las dos fases Austenita - Ferrita. Sus aplicaciones deberían ser limitadas a temperaturas de servicio bajo 420°C para evitar la formación de fases frágiles.

Aplicaciones típicas: Reparación de ejes y engranajes. Rellenos de aceros templables. Aceros 312, 314, 303. Soldabilidad de aceros difíciles.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.11%	Mn: 0.97%
Si: 0.69%	P: 0.028%
S: 0.009%	Cr: 29.0%
Ni: 10.1%	Mo: 0.23%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 754 MPa
Elongación (L=4d) 32%

INDURA 316 / 316H

AWS: E 316 / 316H 16

Descripción: Electrodo rutílico para aceros austenítico del tipo 19% Cr, 12% Ni y 2.5% Mo. El 316H es igual a 316 excepto que en el primero el contenido de carbono ha sido restringido al rango superior aceptado por el 316: entre 0,04% y el 0,08% de C. Lo anterior proporciona mayor resistencia a la tracción y al creep a altas temperaturas.

Usos: Para soldadura de aceros inoxidable que contienen 16-21% Cr, 10-15% Ni y 0-3% Mo, con alto contenido de carbono. Aceros tipo 316 y aleaciones similares. Son utilizados para aplicaciones sometidas a altas temperaturas de servicio (hasta 750° C aproximadamente).

Aplicaciones típicas: Equipos químicos y petroquímicos, industria lechera, etc.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.05%	Mn: 1.20%
Si: 0.80%	P: 0.020%
S: 0.020%	Cr: 18.7%
Ni: 12.0%	Mo: 2.3%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 600 MPa
Elongación (L=4d) 35%

INDURA 316 L

AWS: E 316 L-16

Descripción: Arco suave y estable de transferencia spray. Depósito de excelente apariencia que se ajusta con facilidad a las exigencias del trabajo. La escoria se desprende fácilmente y como el arco es rápidamente restablecido, se usa en soldadura intermitente.

Usos: El 316L ha sido diseñado para aceros austeníticos con un contenido extra bajo de carbono. El contenido máximo de 0,04% de carbono, evita la formación y precipitación de carburos. Excelente protección contra la corrosión intergranular. Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, cuando existen posibilidades de “picadura” (ataque por ácido). No es necesario tratamiento térmico posterior.

Aplicaciones típicas: Aceros 316, 316L, 317, 317L, 316Ti y 318.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 0.63%
Si: 0.77%	P: 0.022%
S: 0.009%	Cr: 18.5%
Ni: 11.7%	Mo: 2.7%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 580 Mpa
Elongación (L=4d) 48%

INDURA 347

AWS: E 347-16

Descripción: Tiene revestimiento rutilico, lo que permite soldar con CA o CC, electrodo positivo. Arco con una transferencia de tipo spray muy estable. Depósito que fluye para producir soldaduras de forma y apariencia excelentes, se ajusta para permitir un buen control en soldadura fuera de posición. La escoria se desprende fácilmente.

Usos: El 347 ha sido diseñado para aceros tipo 347 y 321. Sin embargo, puede ser usado para soldar cualquier tipo de inoxidable en que se requiera una máxima resistencia a la corrosión. El niobio inhibe la precipitación de carburos, disminuyendo notablemente la corrosión.

Aplicaciones típicas: Aceros 347, 321, 304 y 308L. Componentes para ácidos, gases y agua.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.03%	Mn: 0.76%
Si: 0.90%	P: 0.032%
S: 0.005%	Cr: 18.5%
Ni: 10.0%	Mo: 0.25%
Nb: 0.40%	

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 650 Mpa
Elongación (L=4d) 39%

INDURA 13/4

AWS: E 410NiMo-26

Descripción: Electrodo similar al E410 salvo que contiene menos cromo y más níquel. El objetivo es eliminar la Ferrita, debido a los efectos mecánicos perjudiciales generados por esta fase. Proporciona mejor resistencia al agrietamiento que el metal de soldadura tipo 410 para la unión de metales base de este mismo tipo. Además es del tipo bajo hidrógeno, por lo cual se recomienda seguir todos los pasos correspondientes al presecado y mantenimiento de un electrodo bajo hidrógeno. El tratamiento térmico post soldadura no debería exceder los 620°C.

Usos: Muy apropiado para ruedas de turbinas tipo Pelton, Francis, Kaplan. Aceros 403, 405, 410, 410S, 414, 416, 420 y ASTM, CAGNM.

Aplicaciones típicas: Reconstrucción de válvulas y fittings. Aceros martensíticos, inoxidable al cromo, fundidos al Cr Ni.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.04%	Mn: 0.48%
Si: 0.29%	P: 0.019%
S: 0.011	Cr: 11.5%
Ni: 4.1%	Mo: 0.48%

Propiedades mecánicas:

Tratamiento Térmico 610°C x 1 hora

Resistencia a la tracción 827 Mpa

Elongación (L=4d) 17%

INDURA 2209

AWS: E 2209-16

Descripción: Tiene una estructura dúplex consistente en una matriz Austenítica - Ferrítica. El metal depositado combina alta resistencia a la tracción con propiedades mejoradas de resistencia a la corrosión bajo tensión y por picadura. Transferencia tipo spray con baja salpicadura. Bajo sobrecalentamiento del electrodo reduciendo las pérdidas. Fácil inicio de arco reduciendo las posibilidades de defectos asociados al inicio de este. Excelente resistencia a la humedad.

Usos: Para aceros inoxidables dúplex con un contenido aproximado de 22% de cromo.

Aplicaciones típicas: Resistente a la corrosión intergranular y por pitting. Presenta ventajas en soldadura de aceros inoxidables del tipo austeno- ferrico como 18Cr/8Ni/Mo (3RE60) 22Cr/5Ni/3Mo (2205) y 23Cr/4Ni (2304). Posee buena resistencia a la corrosión bajo tensión, especialmente en ambientes que contienen H₂S.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP, CA.

Composición química:

C: 0.03%	Mn: 1.01%
Si: 0.38%	P: 0.011%
S: 0.013%	Cr: 22.9%
Ni: 10.10%	Mo: 3.00%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 794 Mpa

Elongación (L=4d) 27%

INDURA 308 L

AWS: ER 308L

Descripción: Esta diseñado para los procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG). Tiene un análisis químico bien equilibrado, un contenido extra bajo de carbono que minimiza la precipitación de carburos. Propiedades mecánicas bien balanceadas. Arco estable de transferencia spray, en el caso de usar como protección gaseosa indurming inoxidable o argón.

Usos: El alambre 308L es similar al 308, excepto por su contenido extra bajo en carbono (menor a 0.03%). Es utilizado para soldar aceros AISI tipos 304L y 308L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura.

Aplicaciones típicas: Aceros 308L, 304L, 308, 321 y 347. Equipos y estanques de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos. Bombas, intercambiadores de calor.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.90%
Si: 0.38%	P: 0.02%
S: 0.01%	Cr: 19.8%
Ni: 9.8%	Mo: 0.19%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 570 Mpa

Elongación (L=4d) 44%

Energía absorbida 90J a 0° C

INDURA 309 L

AWS: ER 309L

Descripción: Para procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG). Arco estable de transferencia spray con Indurming Inox o argón. El bajo porcentaje de carbono reduce la precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión Intergranular.

Usos: El alambre 309L es similar al 309, excepto por su contenido extra bajo de carbono (menos a 0.03%). Es utilizado para soldar aceros AISI tipo 309L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura.

Aplicaciones típicas: Aceros 309L, 304L, 309, 321 y 347. Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos corrosivos.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.01%	Mn: 1.60%
Si: 0.42%	P: 0.021%
S: 0.002%	Cr: 23.0%
Ni: 13.7%	Mo: 0.05%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 570 Mpa
Elongación (L=4d) 42%
Energía absorbida 100J a 0° C

INDURA 316L

AWS: ER 316L

Descripción: Diseñado para procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG). Análisis químico cuidadosamente equilibrado, uniforme en el metal depositado y propiedades mecánicas bien balanceadas. Arco estable de transferencia spray con gases Indurming inox. o argón.

Usos: Para aceros tipo 316L, 316, 318 y aleaciones similares con contenido extra bajo de carbono. El contenido de 0.04% de carbono máximo en el metal depositado, evita la formación y precipitación de carburos. Excelente protección contra la corrosión intergranular. Para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando hay posibilidades de “picadura” (ataque por ácido). No es necesario tratamiento térmico posterior.

Aplicaciones típicas: Caeros 316, 316L y 318. Equipos químicos y petroquímicos. Industria alimenticia, de papel, turbinas y bombas, etc. Intercambiadores de calor.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.69%
Si: 0.38%	P: 0.030%
S: 0.008%	Cr: 18.1%
Ni: 11.1%	Mo: 2.1%

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 570 Mpa

Elongación (L=4d) 40%

Energía absorbida 90J a 0° C

INDURA 308 LT1

AWS: E 308LT1-1/E 308LT1-4

Descripción: Alambre tubular con protección gaseosa externa. Gas de protección indurming 20 ó 100% CO₂. Excelente soldabilidad y mejorada resistencia al creep a alta temperatura. El metal depositado contiene óptimo contenido de Ferrita en sus estructura austenítica, así su soldabilidad es excelente con baja susceptibilidad al agrietamiento.

Usos: Diseñado para soldadura MIG de aceros inoxidable tipo 18% Cr – 8%Ni de bajo contenido de carbono.

Aplicaciones típicas: Aceros inoxidable AISI 304, 304L, 304LN, ASTM A 157 Gr. C9, A320 Gr. B8C o D.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.03%	Mn: 1.90%
Si: 0.79%	Cr: 19.8%
Ni: 10.2%	Fe: balance

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 610 Mpa
Elongación (L=4d) 35%

INDURA 309 LT1

AWS: E 309LT1-1/-4

Descripción: El metal depositado contiene bastante Ferrita a su estructura austenítica, de esta forma proporciona mejor soldabilidad junto con una elevada resistencia a la temperatura y a la corrosión. Es fácil de operar con poderosa penetración, transferencia tipo spray, mínima salpicadura y escoria auto desprendente.

Usos: Fue diseñado para soldadura MIG de aceros inoxidable tipo 18% Cr – 8%Ni de bajo contenido de carbono. Soldadura de uniones disímiles de y entre aceros de alta resistencia, soldadura de aceros al carbono y aceros de baja aleación templables y revenidos, aceros ferríticos al Cr y austeníticos al Cr- Ni y aceros al manganeso. Además para generar una primera capa resistente a la corrosión en soldadura de aceros ferríticos-perlíticos en partes de estanques a presión y calderas.

Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables 309 y 309Cb, aceros disímiles y aceros al 12% Ni.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.03%	Mn: 1.92%
Si: 0.80%	Cr: 23.8%
Ni: 13.3%	Fe: balance

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 600 Mpa
Elongación (L=4d) 38%

INDURA 316 LT1

AWS: E316LT1-1/-4

Descripción: Alambre tubular con protección gaseosa externa, para soldadura de aceros inoxidables. Gas de protección: 100% CO₂ o Indurmig 20. Posee escoria auto desprenderte, transferencia tipo spray, excelente soldabilidad y elevada resistencia al creep y altas temperaturas. El metal de soldadura contiene óptimo contenido de Ferrita en su estructura austenítica, de esta forma su soldabilidad es excelente con baja tendencia al agrietamiento.

Usos: Fue diseñado para soldadura MIG de acero inoxidable 18% Cr – 12% Ni – 2% Mo de bajo carbono. Posee bajo contenido de carbono lo cual le da buena resistencia para la mayoría de los tipos de corrosión del metal de soldadura.

Aplicaciones típicas: AISI 316L, 316Ti, 316Cb.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.03%	Mn: 1.85%
Si: 0.75%	Cr: 18.7%
Ni: 11.4%	Mo: 2.5%
Fe: balance	

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 620 Mpa
Elongación (L=4d) 38%

INDURA 308 L- O

AWS: E308LT-3

Descripción: Alambre tubular autoprotegido para soldadura de acero inoxidable. La composición del metal depositado es la misma que la del electrodo E308LTO-3 excepto por el contenido de carbono. Su bajo contenido de carbono le permite obtener resistencia a la corrosión intergranular por precipitación de carburos, sin el uso de elementos estabilizadores tales como columbio y titanio.

Usos: Base de recubrimientos duros y rellenos de polines. Su metal depositado no es tan resistente a elevadas temperaturas como el depósito obtenido con E-308 estabilizado con columbio y titanio.

Aplicaciones típicas: Su depósito Cr-Ni permite soldar acero inoxidable calidades 302, 303, 304, 305, 308.

Posiciones de soldadura: P, H.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.03%

Mn: 0.5-2.5%

Si: 1.0%

Cr: 19.5-21%

Ni: 9.0-11.0%

Fe: balance

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción 520 Mpa

Elongación (L=4d) 35%

INDURA 308/308H

AWS: ER308/308H-16

Descripción: Varilla para soldar aceros inoxidable con proceso TIG. Composición nominal 19% cromo y 9% níquel. La composición química de la varilla ER-308H es la misma que la varilla ER-308 excepto que el contenido del carbono ha sido restringido al rango superior del aceptado para la varilla ER-308. El contenido de carbono de 0,04 a 0,08% proporciona más alta resistencia.

Usos: Usada frecuentemente para soldar metales, base de composiciones similares. Apropiaada para temperatura de servicio hasta 750°C.

Aplicaciones típicas: Se encuentra en soldadura de metales base tipo 304H, 308H y sus derivados.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEP.

Composición química:

C: 0.05%

Si: 0.44%

S: 0.001%

Ni: 9.29%

Mn: 1.85%

P: 0.020

Cr: 19.90%

Cu: 0.09

INDURA 308 L

AWS: ER308 L

Descripción: Varilla con bajo contenido de carbono para soldar acero inoxidable con proceso TIG. El bajo contenido de carbono en el metal de aporte (0,03 máximo), disminuye la posibilidad de precipitación de carburos e incrementa la resistencia a la corrosión intergranular sin el uso de estabilizadores tales como columbio y titanio.

Usos: Adecuado para uso de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 8-13% Ni, aceros estabilizados y no estabilizados (302, 304, 304L, 304LN, 308, 321, 347).

Aplicaciones típicas: Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos. Bombas, intercambiadores de calor.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.90%
Si: 0.38%	P: 0.020
S: 0.01	Cr: 19.80%
Ni: 9.80%	Mo: 0.19%

INDURA 309L

AWS: ER 309L

Descripción: Varilla de bajo contenido de carbono para proceso TIG. Está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte. El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.

Usos: Es utilizado para soldar aceros inoxidables AISI tipos 304L y 309L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas.

Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables 309L, 304L, 309, 321 y 347. Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos corrosivos.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.01%	Mn: 1.60%
Si: 0.42%	P: 0.021%
S: 0.002%	Cr: 23.0%
Ni: 13.7%	Mo: 0.05%

INDURA 316 H

AWS: ER 316 H

Descripción: Varilla TIG para soldar aceros inoxidable. La composición química del metal de aporte es la misma que la varilla ER-316, excepto que el contenido de carbono ha sido restringido al rango superior aceptado por la varilla ER-316. El contenido de carbono de 0,04 a 0,08% proporciona más alta resistencia.

Usos: Apta para temperaturas de servicio hasta 750°C.

Aplicaciones típicas: Se encuentran en soldadura de metales base tipo 316H.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.05%

Mn: 1.64%

Si: 0.45%

P: 0.020

S: 0.003

Cr: 19.11%

Ni: 12.70%

Mo: 2.30%

INDURA 316 L

AWS: ER 316 L

Descripción: Varilla de bajo contenido de carbono para proceso TIG. Formulada para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte. El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.

Usos: Uso en industria alimenticia, de papel, turbinas, bombas. Se recomienda para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando hay posibilidades de “picadura” (ataque por ácido).

Aplicaciones típicas: Soldadura de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 10-15% Ni, 0-3% Mo, aceros estabilizados y no estabilizados tipos 316, 316L, 317, 317L, 316Ti, 318.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.69%
Si: 0.38%	P: 0.030
S: 0.008	Cr: 18.1%
Ni: 11.1%	Mo: 2.1%

INDURA 2209

AWS ER 2209

Descripción: Varilla TIG con estructura dúplex, la cual lo hace altamente resistente a la corrosión bajo tensión en ambientes con presencia de cloruros. El alto contenido de cromo y molibdeno proporciona excelente resistencia a la corrosión por pitting.

Usos: Debido al balance existente entre estas dos fases, presentan ventajas en severas condiciones de cloruros. Combinan algunas de las mejores características de los aceros inoxidable austeníticos y ferríticos. La Austenita proporciona ductilidad y la Ferrita resistencia a la corrosión bajo tensión.

Aplicaciones típicas: Para soldadura de aceros inoxidable del tipo austeno-ferrítico como 18Cr/8Ni/Mo (3RE60), 22Cr/5Ni/3Mo (2205) 23Cr/4Ni (2304).

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.33%
Si: 0.46%	P: 0.020
S: 0.01	Cr: 23.32%
Ni: 8.15%	Mo: 3.15%
N: 0.15	

DUREZA

TABLA COMPARATIVA DE DUREZA

Brinell	Vickers	Rockwell		Resistencia a la tracción x 1000 psi	Brinell	Vickers	Rockwell		Resistencia a la tracción x 1000 psi
		C	B				C	B	
898				440	223	223	20	97	110
857				420	217	217	18	96	107
817				401	212	212	17	96	104
780	1150	70		384	207	207	16	95	101
745	1050	68		368	202	202	15	94	99
712	960	66		352	197	197	13	93	97
682	885	64		337	192	192	12	92	95
653	820	62		324	187	187	10	91	93
627	765	60		311	183	183	9	90	91
601	717	58		298	179	179	8	89	89
578	675	57		287	174	174	7	88	87
555	633	55	120	276	170	170	6	87	85
534	598	53	119	266	166	166	4	86	83
514	567	52	119	256	163	163	3	85	82
495	540	50	117	247	159	159	2	84	80
477	515	49	117	238	156	156	1	83	78
461	494	47	116	229	153	153		82	76
444	472	46	115	220	149	149		81	75
429	454	45	115	212	146	146		80	74
415	437	44	114	204	143	143		79	72
401	420	42	113	196	140	140		78	71
388	404	41	112	189	137	137		77	70
375	389	40	112	182	134	134		76	68
363	375	38	110	176	131	131		74	66
352	363	37	110	170	128	128		73	65
341	350	36	109	165	126	126		72	64
331	339	35	109	160	124	124		71	63
321	327	34	108	155	121	121		70	62
311	316	33	108	150	118	118		69	61
302	305	32	107	146	116	116		68	60
293	296	31	106	142	114	114		67	59
285	287	30	105	138	112	112		66	58
277	279	29	104	134	109	109		65	56
269	270	28	104	131	107	107		64	56
262	263	26	103	128	105	105		62	54
255	256	25	102	125	103	103		61	53
248	248	24	102	122	101	101		60	52
241	241	23	100	119	99	99		59	51
235	235	22	99	116	97	97		57	50
229	229	21	98	113	95	95		56	49

ACEROS

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS

SERIES SAE y AISI

SAE (Society of Automotive Engineers) y AISI (American Iron and Steel Institute) han efectuado clasificaciones extensas de los aceros de acuerdo a su composición química, llegando a establecer la siguiente normalización:

Designación de Letras

- B: Acero al carbono (Horno Bessemer, ácido)
- C: Acero al carbono (Horno solera abierta, básico)
- E: Acero al carbono (Horno eléctrico)

Designación Numérica

- (10XX) Aceros al carbono
- (13XX) Manganeso 1,60 a 1,90%
- (23XX) Níquel 3,50%
- (25XX) Níquel 5,0%
- (31XX) Níquel 1,25% - Cromo 0,60%
- (33XX) Níquel 3,50% - Cromo 1,60%
- (40XX) Molibdeno
- (41XX) Cromo - Molibdeno
- (43XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
- (46XX) Níquel 1,65% - Molibdeno 0,25%
- (48XX) Níquel 3,25% - Molibdeno 0,25%
- (51XX) Cromo
- (52XX) Cromo y alto carbono
- (61XX) Cromo - Vanadio
- (86XX) Cromo - Níquel - Molibdeno
- (87XX) Cromo - Níquel - Molibdeno
- (92XX) Silicio 2,0% - Cromo
- (93XX) Níquel 3,0% - Cromo - Molibdeno
- (94XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
- (97XX) Níquel - Cromo - Molibdeno
- (98XX) Níquel - Cromo - Molibdeno

ACEROS AL CARBONO

Número SAE	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Número AISI
—	0,06 máx.	0,35 máx.	0,040	0,050	C1005
1006	0,08 máx.	0,25-0,40	0,040	0,050	C1006
1008	0,10 máx.	0,25-0,50	0,040	0,050	C1008
1010	0,08-0,13	0,30-0,60	0,040	0,050	C1010
—	0,10-0,15	0,30-0,60	0,040	0,050	C1012
—	0,11-0,16	0,50-0,80	0,040	0,050	C1013
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050	C1015
1016	0,13-0,18	0,60-0,90	0,040	0,050	C1016
1017	0,15-0,20	0,30-0,60	0,040	0,050	C1017
1018	0,15-0,20	0,60-0,90	0,040	0,050	C1018
1019	0,15-0,20	0,70-1,00	0,040	0,050	C1019
1020	0,18-0,23	0,30-0,60	0,040	0,050	C1020
—	0,18-0,23	0,60-0,90	0,040	0,050	C1021
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	0,040	0,050	C1022
—	0,20-0,25	0,30-0,60	0,040	0,050	C1023
1024	0,19-0,25	1,35-1,65	0,040	0,050	C1024
1025	0,22-0,28	0,30-0,60	0,040	0,050	C1025
—	0,22-0,28	0,60-0,90	0,040	0,050	C1026
1027	0,22-0,29	1,20-1,50	0,040	0,050	C1027
—	0,25-0,31	0,60-0,90	0,040	0,050	C1029
1030	0,28-0,34	0,60-0,90	0,040	0,050	C1030
1033	0,30-0,36	0,70-1,00	0,040	0,050	C1033
1034	0,32-0,38	0,50-0,80	0,040	0,050	C1034
1035	0,32-0,38	0,60-0,90	0,040	0,050	C1035
1036	0,30-0,37	1,20-1,50	0,040	0,050	C1036
1038	0,35-0,42	0,60-0,90	0,040	0,050	C1038
—	0,37-0,44	0,70-1,00	0,040	0,050	C1039
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	0,040	0,050	C1040
1041	0,36-0,44	1,35-1,65	0,040	0,050	C1041
1042	0,40-0,47	0,60-0,90	0,040	0,050	C1042
1043	0,40-0,47	0,70-1,00	0,040	0,050	C1043
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,040	0,050	C1045
1046	0,43-0,50	0,70-1,00	0,040	0,050	C1046
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	0,040	0,050	C1050
—	0,45-0,56	0,85-1,15	0,040	0,050	C1051
1052	0,47-0,55	1,20-1,50	0,040	0,050	C1052
—	0,50-0,60	0,50-0,80	0,040	0,050	C1054
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,050	C1055
—	0,50-0,61	0,85-1,15	0,040	0,050	C1057
—	0,55-0,65	0,50-0,80	0,040	0,050	C1059
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,050	C1060
—	0,54-0,65	0,75-1,05	0,040	0,050	C1061
1062	0,54-0,65	0,85-1,15	0,040	0,050	C1062
1064	0,60-0,70	0,50-0,80	0,040	0,050	C1064
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	0,040	0,050	C1065
1066	0,60-0,71	0,85-1,15	0,040	0,050	C1066
—	0,65-0,75	0,40-0,70	0,040	0,050	C1069
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	0,040	0,050	C1070
—	0,65-0,76	0,75-1,05	0,040	0,050	C1071
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	0,040	0,050	C1074

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Otros	Número SAE
1320	0,18-0,23	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1320
1321	0,18-0,23	1,60-1,90	0,050	0,540	0,20-0,35	—	—	—	—
1330	0,28-0,33	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1330
1335	0,33-0,38	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1335
1340	0,38-0,43	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	—	1340
2317	0,15-0,20	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2317
2330	0,28-0,33	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2330
2335	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	—
2340	0,33-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2340
2345	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	—	2345
E2512	0,09-0,14	0,40-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2512
2512	0,12-0,1	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2515
E2517	0,15-0,20	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	4,75-5,25	—	—	2517
3115	0,13-0,18	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3115
3120	0,17-0,22	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3120
3130	0,28-0,33	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3130
3135	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3135
3140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	—	3140
3141	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-0,90	—	3141
3145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-0,90	—	3145
3150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,70-0,90	—	3150
E3310	0,08-0,13	0,50-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	3,25-3,75	1,40-1,75	—	3310
E3316	0,14-0,19	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	3,25-3,75	1,40-1,75	—	3316
Mo									
4117	0,15-0,20	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4017
4023	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4023
4024	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,035-0,050	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4024
4027	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4027
4028	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,035-0,050	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4028
4032	0,30-0,35	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4032
4037	0,35-0,40	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4037
4042	0,40-0,45	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4042
4047	0,45-0,50	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4047
4053	0,50-0,56	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4053
4063	0,60-0,67	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	4063
4068	0,63-0,70	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	—	0,20-0,30	468
—	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,40-0,60	0,20-0,30	4119
—	0,23-0,28	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,40-0,60	0,20-0,30	4125
4130	0,28-0,33	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4130
E4132	0,30-0,35	0,40-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	—
E4135	0,33-0,38	0,70-0,90	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	—
4137	0,35-0,40	0,70-0,90	0,025	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4137
E4137	0,35-0,40	0,70-0,90	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	—
4140	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,18-0,25	4140

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Otros	Número SAE
								Mo	
4142	0,40-0,45	0,75-1,001	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	
4145	0,43-0,48	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4145
4147	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	—
4150	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15-0,25	4150
4317	0,15-0,20	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30	4317
4320	0,17-0,22	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30	4320
4327	0,35-0,40	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	—
4340	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	4340
4608	0,06-0,11	0,25-0,45	0,040	0,040	0,20 máx.	1,40-1,75	—	0,15-0,25	4608
4615	0,13-0,18	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4615
—	0,15-0,20	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4617
E4617	0,15-0,20	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4620	0,17-0,22	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4620
X4620	0,18-0,23	0,50-0,70	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30 X	4620
E4620	0,17-0,22	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4621	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4621
4640	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,30	4640
E4640	0,38-0,43	0,60-0,80	0,025	0,025	0,20-0,35	1,65-2,00	—	0,20-0,27	—
4812	0,10-0,15	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4812
4815	0,13-0,18	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4815
4817	0,15-0,20	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4817
4820	0,18-0,23	0,50-0,70	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	—	0,20-0,30	4820
5045	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,55-0,75	—	5045
5046	0,43-0,58	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,55-0,75	—	5046
—	0,13-0,18	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5115
5120	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5120
5130	0,28-0,33	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	—	5130
5132	0,30-0,35	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,05	—	5132
5135	0,33-0,38	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,05	—	5135
5140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5140
5145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5145
5147	0,45-0,52	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,90-1,20	—	5147
5150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	—	5150
5152	0,48-0,55	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,90-1,20	—	5152
E50100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,40-0,60	—	50100
E51100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	0,90-1,15	—	51100
E52100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	—	1,30-1,60	—	52100
								V	
6120	0,17-0,22	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,70-0,90	0,10 mín.	—
6145	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15 mín.	—
6150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,15 mín.	—
6152	0,48-0,55	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	—	0,80-1,10	0,10 mín.	—

ACEROS DE ALEACIÓN

Número AISI	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Mo	Número SAE
8615	0,15-0,18	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,50-0,60	0,15-0,25	8615
8617	0,15-0,20	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8617
8620	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8620
8622	0,20-0,25	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8622
8625	0,23-0,28	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8625
8627	0,25-0,30	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8627
8630	0,28-0,33	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8630
8632	0,30-0,35	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8632
8635	0,33-0,38	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8635
8637	0,35-0,40	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8637
8640	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8640
8641	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040-0,60	0,20-0,35	0,40-0,87	0,40-0,60	0,15-0,25	8641
8642	0,40-0,45	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8642
8645	0,43-0,48	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8645
8647	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8417
8650	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8650
8653	0,50-0,56	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8653
8655	0,50-0,60	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8655
8660	0,50-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	8660
8720	0,18-0,23	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8720
8735	0,33-0,38	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8735
8740	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8740
8742	0,48-0,45	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	—
8745	0,43-0,48	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8745
8747	0,45-0,50	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	—
8750	0,48-0,53	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8750
—	0,58-0,60	0,50-0,60	0,040	0,040	1,20-1,60	—	0,50-0,80	—	9254
9255	0,58-0,60	0,70-0,95	0,040	0,040	1,80-2,20	—	—	—	9255
9260	0,55-0,65	0,70-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	—	—	9260
9261	0,55-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	0,10-0,25	—	9261
9262	0,55-0,65	0,75-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	—	0250-0400	—	9262
E9310	0,08-0,13	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9310
E9315	0,13-0,18	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9315
E9317	0,15-0,20	0,45-0,65	0,025	0,025	0,20-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,80-0,15	9317
9437	0,35-0,40	0,90-1,20	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9437
9440	0,38-0,43	0,90-1,20	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9440
9442	0,40-0,45	1,00-1,30	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9442
9445	0,43-0,48	1,00-1,30	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,80-0,15	9445
9447	0,45-0,50	0,50-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,10-0,25	0,15-0,25	9447
9763	0,60-0,67	0,50-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,10-0,25	0,15-0,25	9763
9840	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9840
9845	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9840
9850	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9850

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS INOXIDABLES

AUSTENÍTICOS						
Tipo AISI	Carbono %	Manganeso Máximo %	Silicio Máximo %	Cromo %	Níquel Elementos %	Otros
201	0,15 máx.	5,5/7,5	1,00	16,00/18,00	3,50/5,50	N ₂ 0,25 máx.
202	0,15 máx.	7,5/10,00	1,00	17,00/19,00	4,00/6,00	N ₂ 0,25 máx.
301	0,15 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	6,00/8,00	
302	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	
302B	0,15 máx.	2,00	2,00/3,00	17,00/19,00	8,00/10,00	
303	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	S 0,15 mín.
303Se	0,15 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	8,00/10,00	Se 0,15 mín.
304	0,08 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	8,00/12,00	
304L	0,03 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	8,00/12,00	
305	0,12 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	10,00/13,00	
308	0,08 máx.	2,00	1,00	19,00/21,00	10,00/12,00	
309	0,20 máx.	2,00	1,00	22,00/24,00	12,00/15,00	
309S	0,08 máx.	2,00	1,00	22,00/24,00	12,00/15,00	
310	0,25 máx.	2,00	1,50	24,00/26,00	19,00/22,00	
310S	0,08 máx.	2,00	1,50	24,00/26,00	19,00/22,00	
314	0,25 máx.	2,00	1,50/3,00	23,00/26,00	19,00/22,00	
316	0,08 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	10,00/14,00	Mo 2,00/3,00
316L	0,03 máx.	2,00	1,00	16,00/18,00	10,00/14,00	Mo 2,00/3,00
317	0,08 máx.	2,00	1,00	18,00/20,00	11,00/15,00	Mo 3,00/4,00
321	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/12,00	Ti5 x C mín.
347	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/13,00	Cb +Ta10 C mín.
348	0,08 máx.	2,00	1,00	17,00/19,00	9,00/13,00	Cb +Ta10 C mín.
					Ta 0,10 máx.	
MARTENSÍTICOS						
403	0,15 máx.	1,00	0,50	11,50/13,00		
405	0,08 máx.	1,00	1,00	11,50/14,50		Al 0,10/0,30
410	0,15 máx.	1,00	1,00	11,50/13,50		
414	0,15 máx.	1,00	0,50	11,50/13,50	1,25/2,50	
416	0,15 máx.	1,25	1,00	12,00/14,00		S 0,15 mín.
416Se	0,15 máx.	1,25	1,00	12,00/14,00		Se 0,15 mín.
420	Sobre 0,15	1,00	1,00	12,00/14,00		
431	0,20 máx.	1,00	1,00	15,00/17,00	1,25/2,50	
440A	0,60/0,75	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
440B	0,75/0,95	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
440C	0,95/1,20	1,00	1,00	16,00/18,00		Mo 0,75 máx.
501	Sobre 0,10	1,00	1,00	4,00/6,00		Mo 0,40/0,65
502	0,10 máx.	1,00	1,00	4,00/6,00		Mo 0,40/0,65
FERRÍTICOS						
405	0,08 máx.	1,00	1,00	11,50/14,50		
430	0,12 máx.	1,00	1,00	14,00/18,00		
430F	0,12 máx.	1,25	1,00	14,00/18,00		S 0,15 mín.
430FS	0,12 máx.	1,25	1,00	4,00/18,00		Se 0,15 mín.
442	0,20 máx.	1,00	1,00	18,00/23,00		
446	0,20 máx.	1,50	1,00	23,00/27,00		N ₂ 0,25 máx.

OFICINAS INDURA

Argentina

INDURA Argentina S.A.
Dirección: Ruta Panamericana Norte
Km 37.5 Parque Industrial Garín
Buenos Aires, Argentina.
Centro de Servicio al Cliente:
0810 810 6003

Chile

INDURA S.A. Industria y Comercio
Dirección: Av. Las Américas 585 Cerrillos,
Santiago, Chile.
Centro de Servicio al Cliente:
600 600 3030

Colombia

CRYOGAS S.A.
Dirección: Carrera 50 # 52-50
Edificio Unión Plaza, Piso 10
Medellín, Colombia.
Centro de Servicio al Cliente:
01 8000 514 300

Ecuador

INDURA Ecuador S.A.
Dirección: Kilómetro 14 1/2 vía Daule,
Guayaquil, Ecuador.
Centro de Servicio al Cliente:
1800 463872

México

INDURAMEX S.A. de C.V.

Dirección: Av. Gustavo Baz N° 180,
Bodega D-3 Col. San Jerónimo Tepetlcalco,
Tlalnepantla, Edo. de México.

C.P. 54090

Centro de Servicio al Cliente:

01 800 0046387

Perú

INDURA S.A. Perú

Dirección: Av. El Pacífico 401-425,
Independencia, Lima, Perú.

Centro de Servicio al Cliente:

0801 70670

INDURA[®]
www.indura.net