

MECANICA APLICADA

Carrera: Ingeniería en Petróleos - Ingeniería Mecatrónica - 3er Año

MECANICA Y MECANISMOS

Carrera: Ingeniería Industrial - 3er Año



TIPOS DE SOLDADURA EN EL MANTENIMIENTO

Ing. Cristian Aguilera

2025

Soldadura en Mantenimiento. Temas a Desarrollar

- Soldadura. Definiciones
- Procesos. Electrodo. Aportes. Selección
- Materiales. Normativas. Soldabilidad de los aceros. Carbono equivalente.
- Normas y códigos. ASME AWS API ANSI IRAM-IAS.
- Soldadura de recargue por láser.
- Ensayos aplicados a soldadura. Calculo de procedimientos.
- Higiene y seguridad en los procesos de soldadura. Riesgos.

Soldadura

La Soldadura es un proceso de unión que une de forma permanente a dos componentes separados mediante el calor, la presión o la combinación de ambos para convertirlos en una nueva pieza. En la actualidad, la soldadura es una de las maneras más económicas de unir dos metales de forma permanente.



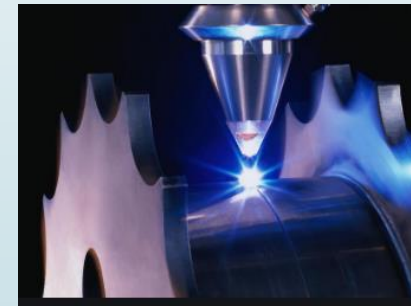
Soldadura por fricción



Soldadura eléctrica

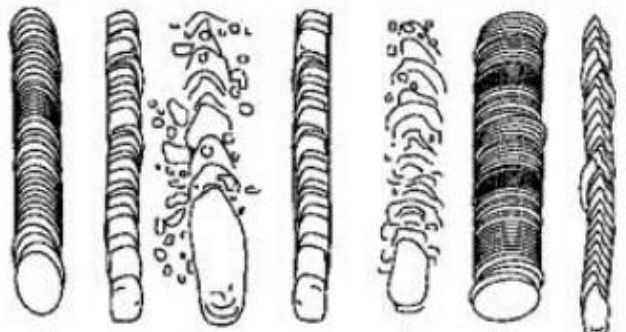
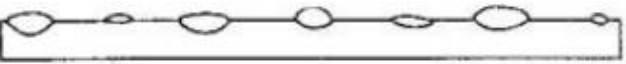


Aportes duros recargue.



Laser

✕ Metal base



Buena soldadura

Poco voltaje

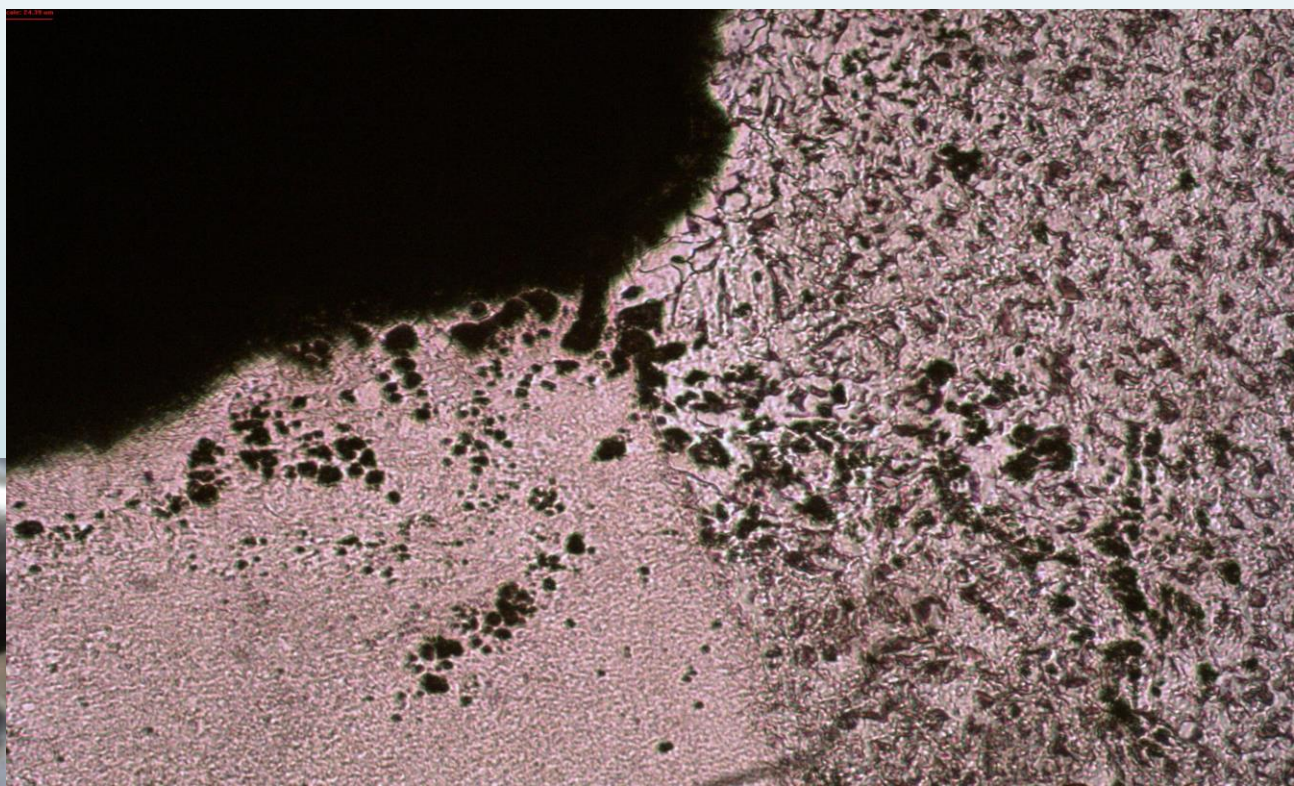
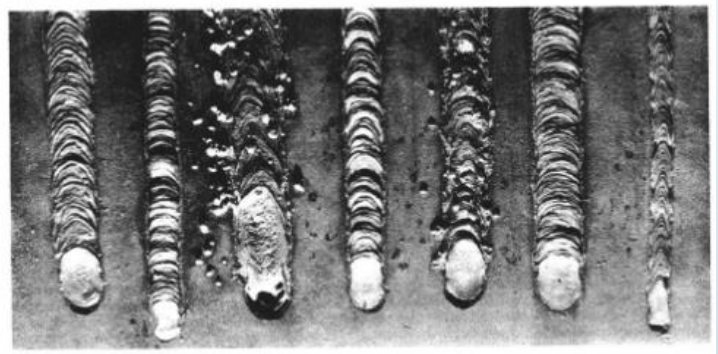
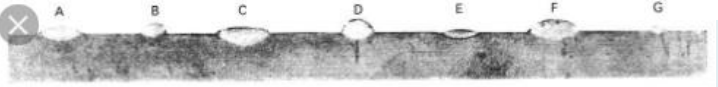
Mucho voltaje

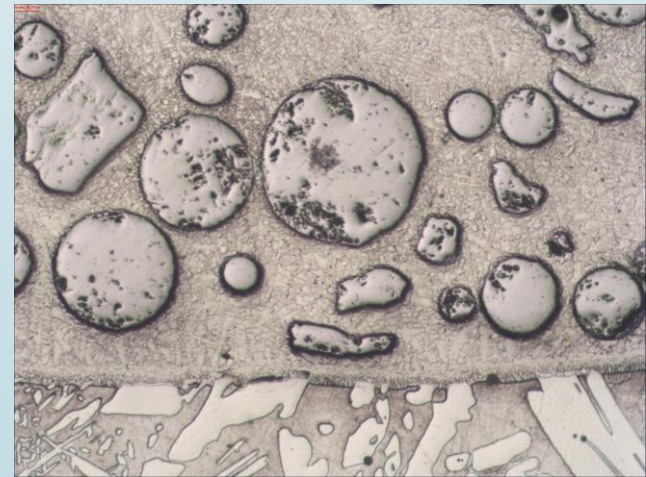
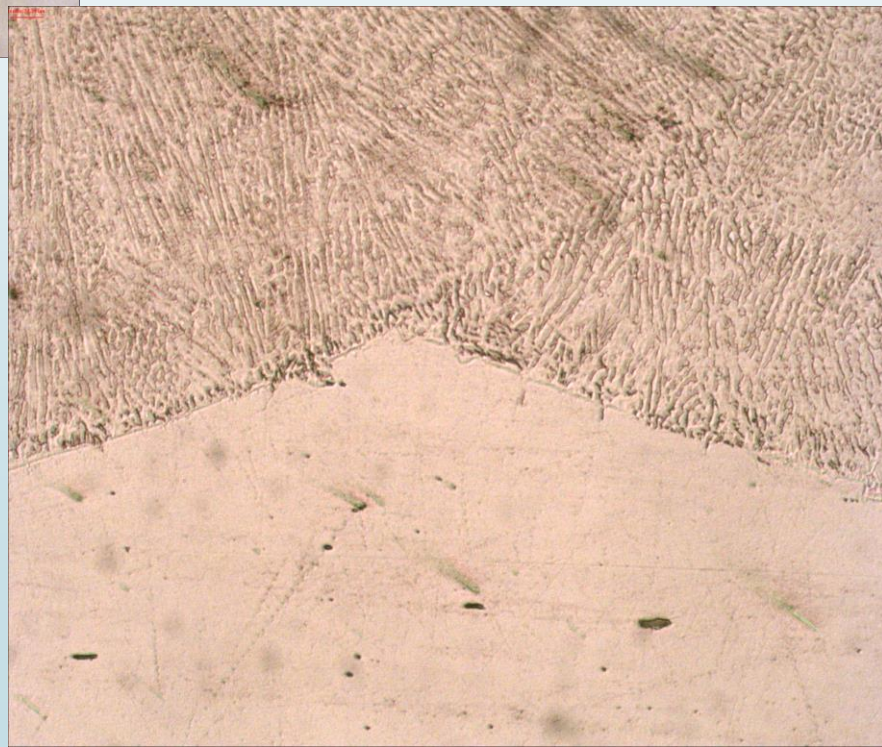
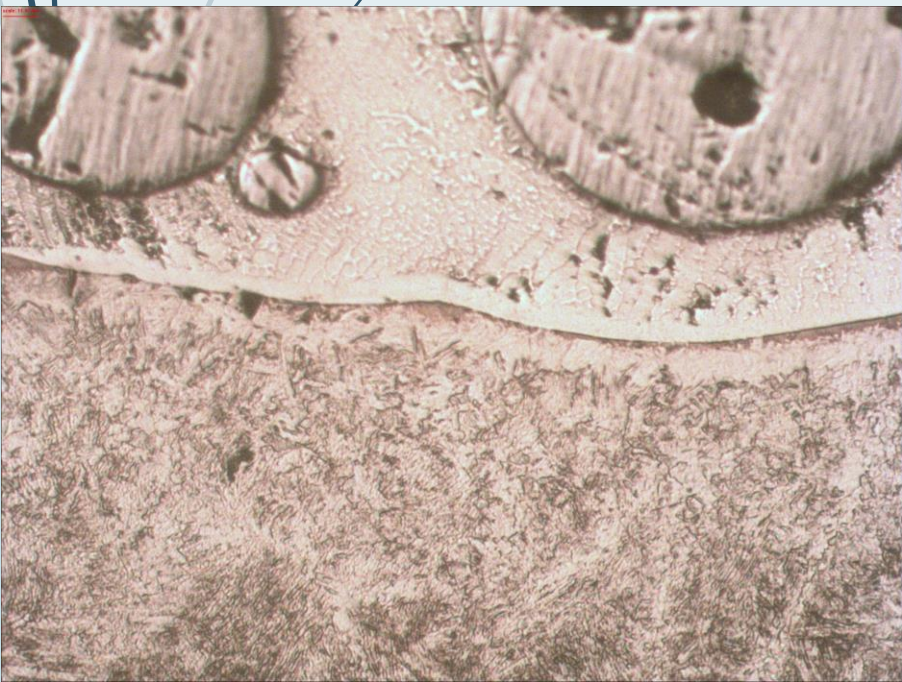
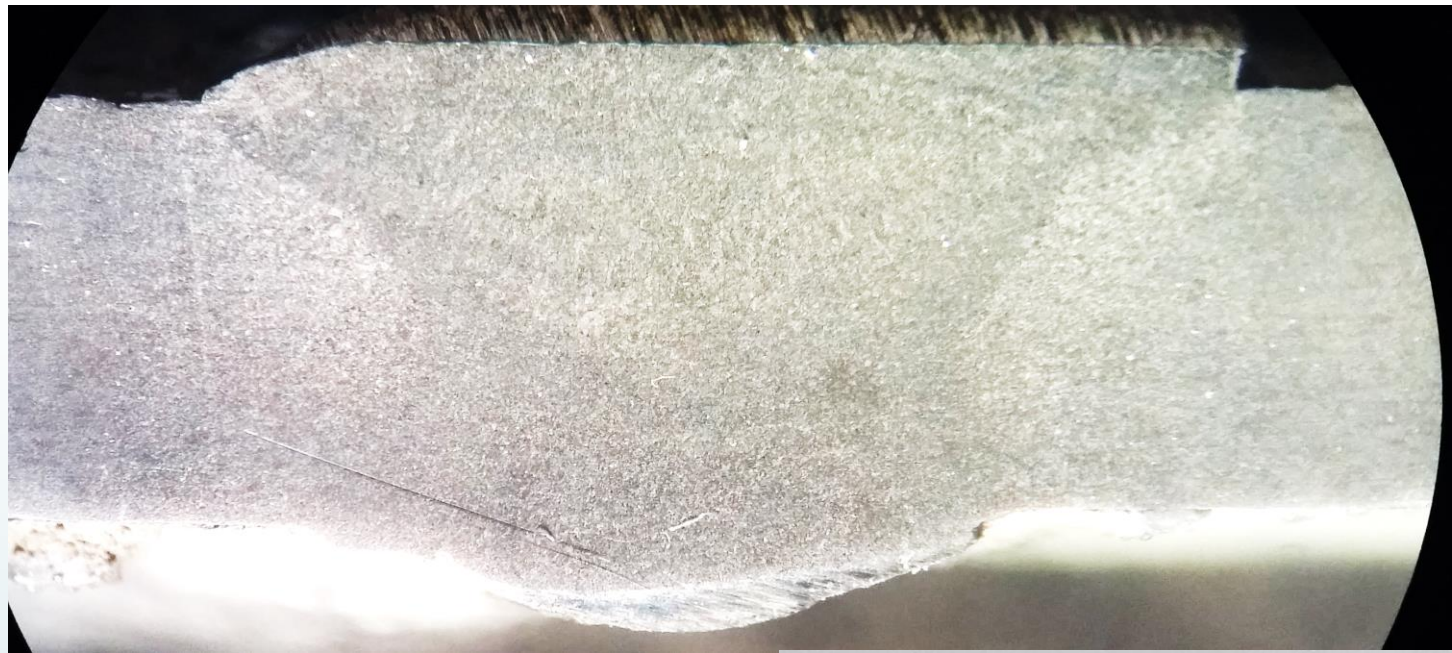
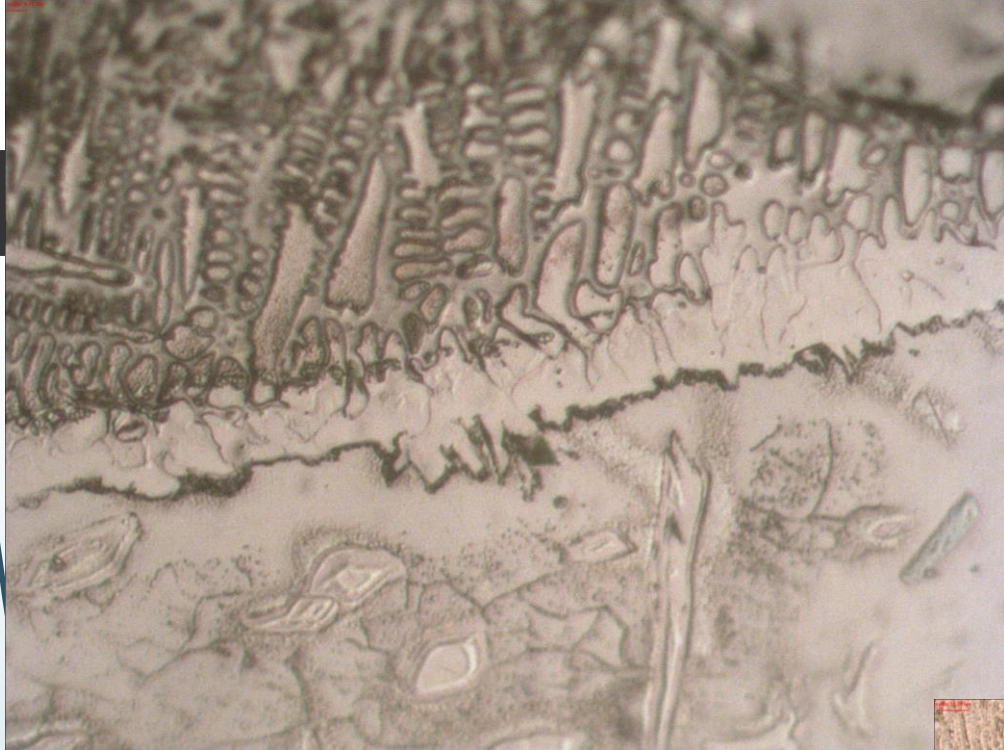
Feed excesiva

Feed insuficiente

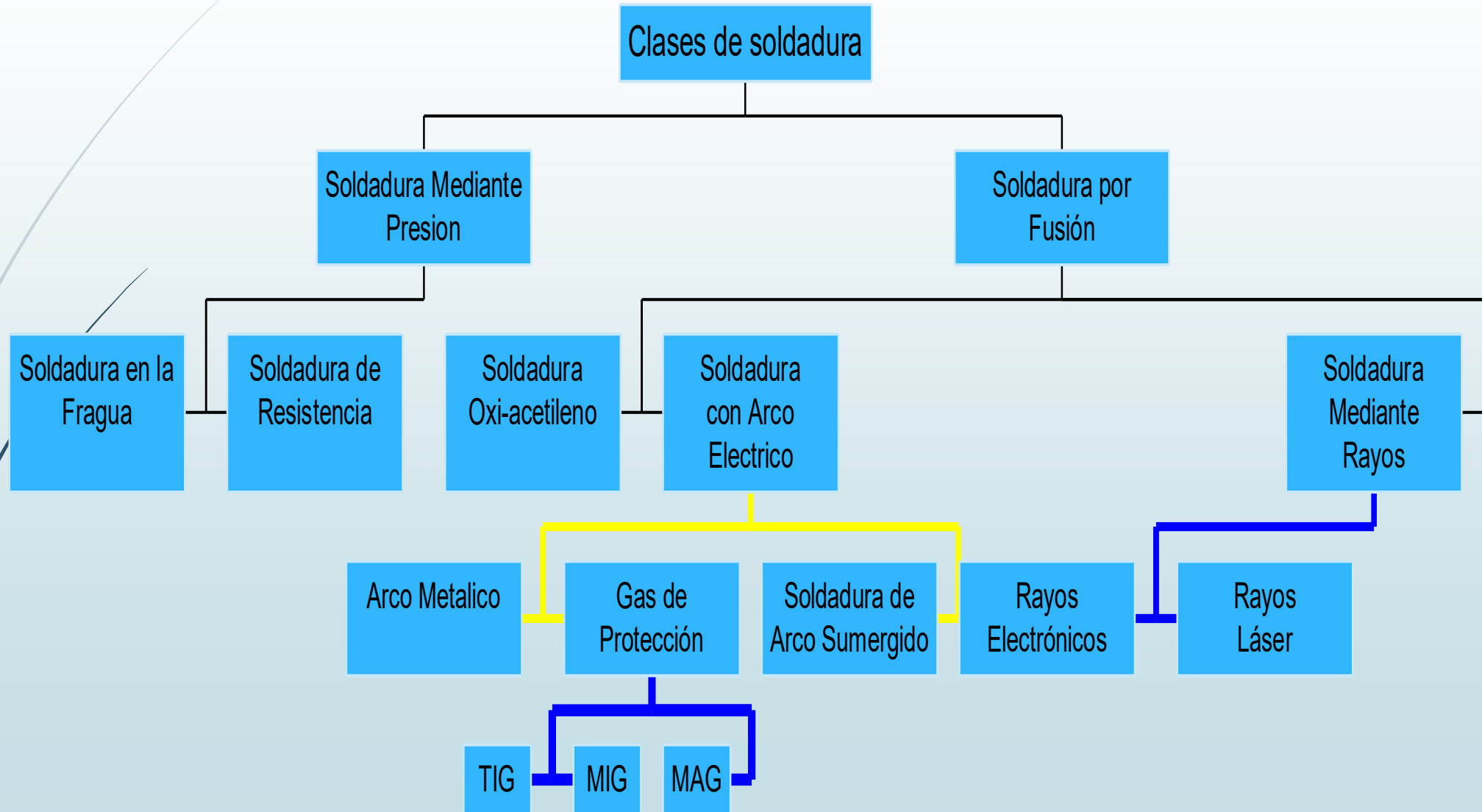
Velocidad excesiva

Velocidad insuficiente





Procesos de soldadura eléctrica. Manual, Semiautomático y Automático.



Procesos de soldadura eléctrica. Manual, Semiautomático y Automático

Soldadura al arco eléctrico

Electrodo de carbono
Arco doble de carbono
Electrodo de carbono en atmósfera inerte
Hidrógeno atómico
Electrodo metálico desnudo
Electrodo metálico revestido
Arco sumeraido
TIG
MIG
MAG
Soldadura de espárragos
Plasma

ELECTRODO REVESTIDO - SMAW

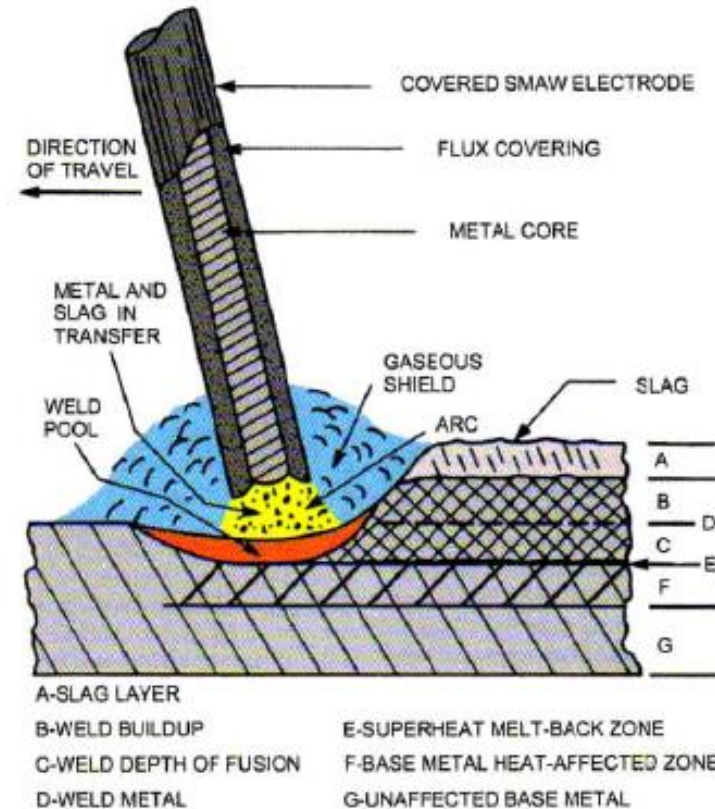
NOMINACION DE LOS PROCESOS SEGÚN AWS

- **SMAW** (SHIELDED METAL ARC WELDING) = MANUAL
- **GTAW** (GAS TUNGSTEN ARC WELD.) = ARCO LIBRE MANUAL BAJO PROTECCION DE GAS INERTE.
- **GMAW** (GAS METAL ARC WELD.) = SEMI AUTOMATICO BAJO PROTECCION GASEOSA ACTIVA O INERTE (MAG Ó MIG)
- **FCAW** (FLUX CORED ARC WELD.) SEMI AUTO. AUTOPROTEGIDO
- **SAW** (SUBMERGED ARC WELD.) ARCO SUMERGIDO AUTOMATICO
- **PAW** (PLASMA ARC WELD.)
- **ESW** (ELECTROSLAG WELD.)

OTROS TERMINOS COMUNMENTE USADOS

- **TIG** (TUNSTEN INERT GAS) = ARGON
- **MIG** (METAL INERT GAS) = SEMI BAJO GAS INERTE
- **MAG** (METAL ACTIVE GAS) = SEMI BAJO GAS ACTIVO

Soldadura manual con electrodo revestido – SMAW (Shielded Metal Arc Welding)



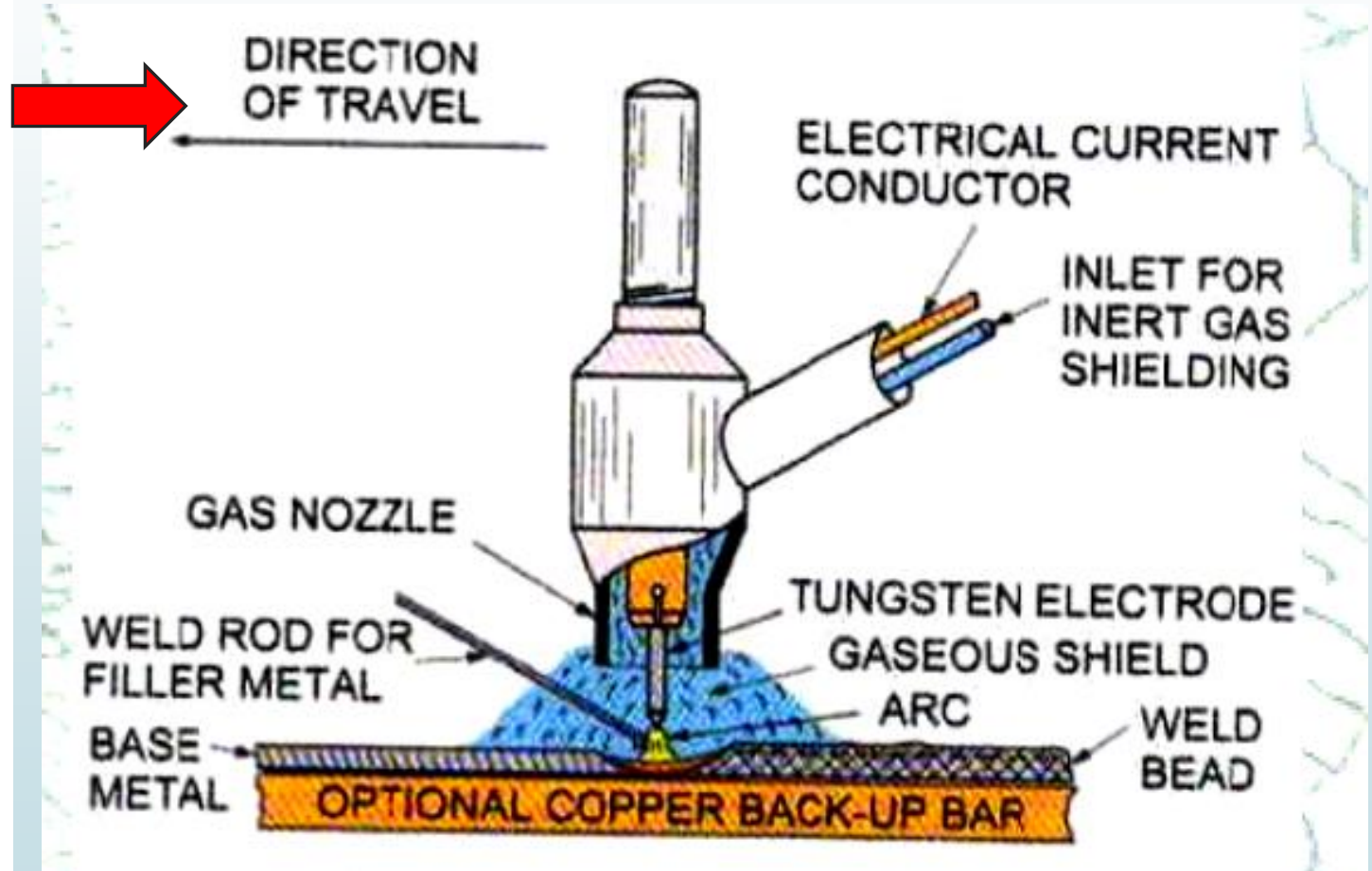
TIG - Soldadura por arco con electrodo de Tungsteno – GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

NOMINACION DE LOS PROCESOS SEGÚN AWS

- **SMAW** (SHIELDED METAL ARC WELDING) = MANUAL
- **GTAW** (GAS TUNGSTEN ARC WELD.) = ARCO LIBRE MANUAL BAJO PROTECCION DE GAS INERTE.
- **GMAW** (GAS METAL ARC WELD.) = SEMI AUTOMATICO BAJO PROTECCION GASEOSA ACTIVA O INERTE (MAG Ó MIG)
- **FCAW** (FLUX CORED ARC WELD.) SEMI AUTO. AUTOPROTEGIDO
- **SAW** (SUBMERGED ARC WELD.) ARCO SUMERGIDO AUTOMATICO
- **PAW** (PLASMA ARC WELD.)
- **ESW** (ELECTROSLAG WELD.)

OTROS TERMINOS COMUNMENTE USADOS

- **TIG** (TUNGSTEN INERT GAS) = ARGON
- **MIG** (METAL INERT GAS) = SEMI BAJO GAS INERTE
- **MAG** (METAL ACTIVE GAS) = SEMI BAJO GAS ACTIVO



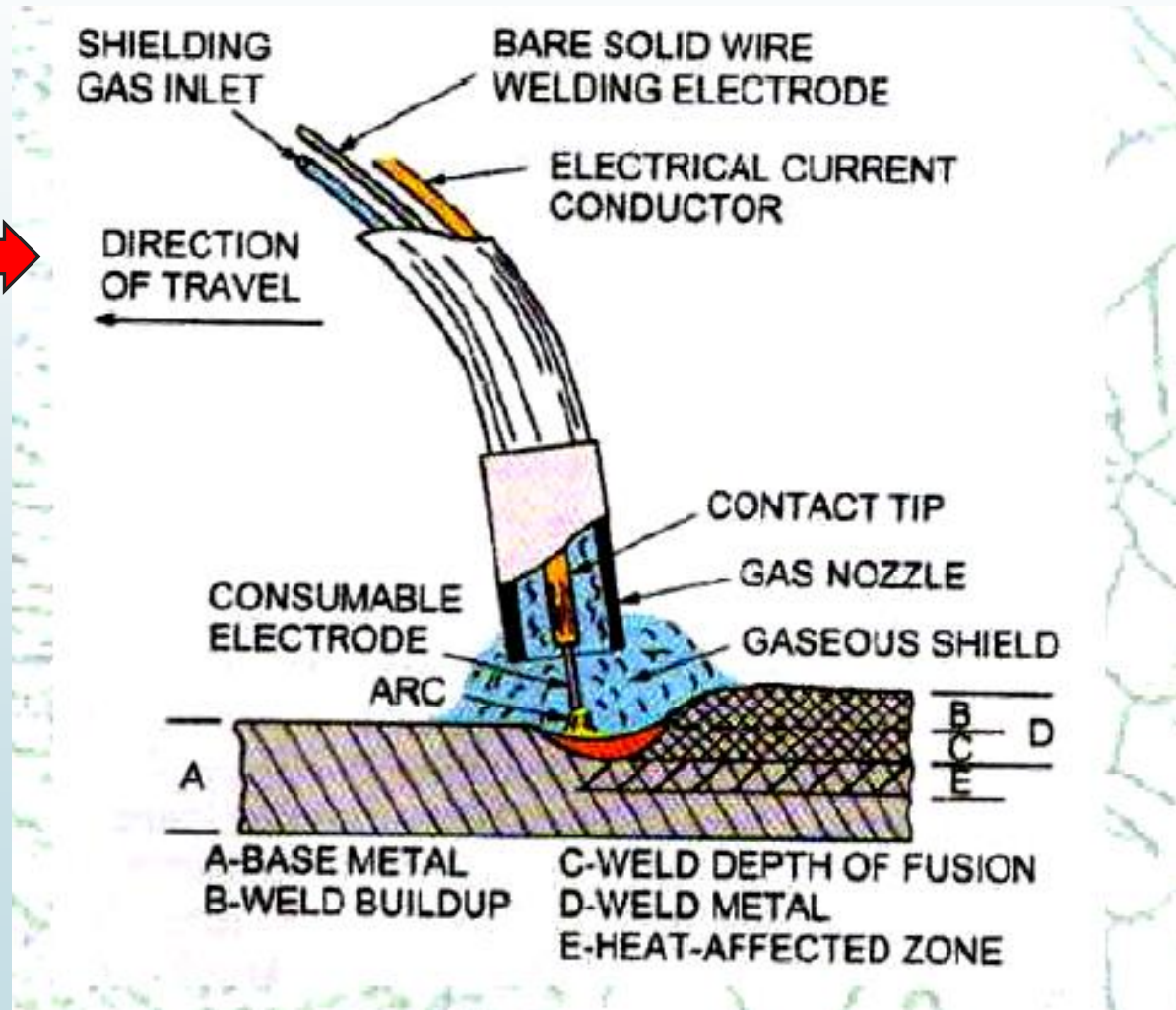
Soldadura por arco con alambre continuo y protección gaseosa – GMAW (Gas Metal Arc Welding)

NOMINACION DE LOS PROCESOS SEGÚN AWS

- **SMAW** (SHIELDED METAL ARC WELDING) = MANUAL
- **GTAW** (GAS TUNGSTEN ARC WELD.) = ARCO LIBRE MANUAL BAJO PROTECCION DE GAS INERTE.
- **GMAW** (GAS METAL ARC WELD.) = SEMI AUTOMATICO BAJO PROTECCION GASEOSA ACTIVA O INERTE (MAG Ó MIG)
- **FCAW** (FLUX CORED ARC WELD.) SEMI AUTO. AUTOPROTEGIDO
- **SAW** (SUBMERGED ARC WELD.) ARCO SUMERGIDO AUTOMATICO
- **PAW** (PLASMA ARC WELD.)
- **ESW** (ELECTROSLAG WELD.)

OTROS TERMINOS COMUNMENTE USADOS

- **TIG** (TUNGSTEN INERT GAS) = ARGON
- **MIG** (METAL INERT GAS) = SEMI BAJO GAS INERTE
- **MAG** (METAL ACTIVE GAS) = SEMI BAJO GAS ACTIVO



Soldadura Proceso semiautomático con arco con alambre tubular FCAW

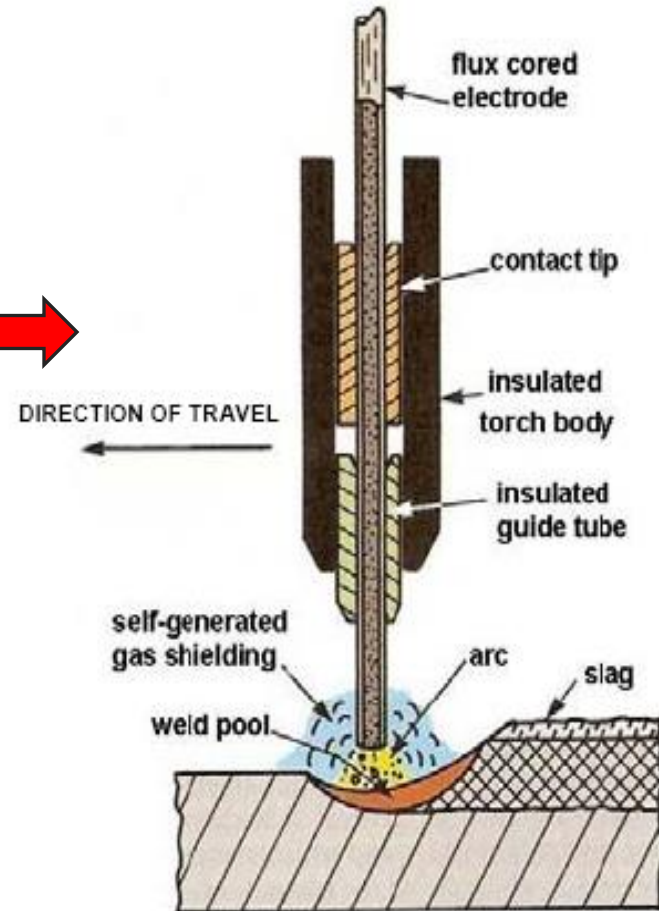
NOMINACION DE LOS PROCESOS SEGÚN AWS

- **SMAW** (SHIELDED METAL ARC WELDING) = MANUAL
- **GTAW** (GAS TUNGSTEN ARC WELD.) = ARCO LIBRE MANUAL BAJO PROTECCION DE GAS INERTE.
- **GMAW** (GAS METAL ARC WELD.) = SEMI AUTOMATICO BAJO PROTECCION GASEOSA ACTIVA O INERTE (MAG Ó MIG)
- **FCAW** (FLUX CORED ARC WELD.) SEMI AUTO. AUTOPROTEGIDO
- **SAW** (SUBMERGED ARC WELD.) ARCO SUMERGIDO AUTOMATICO
- **PAW** (PLASMA ARC WELD.)
- **ESW** (ELECTROSLAG WELD.)

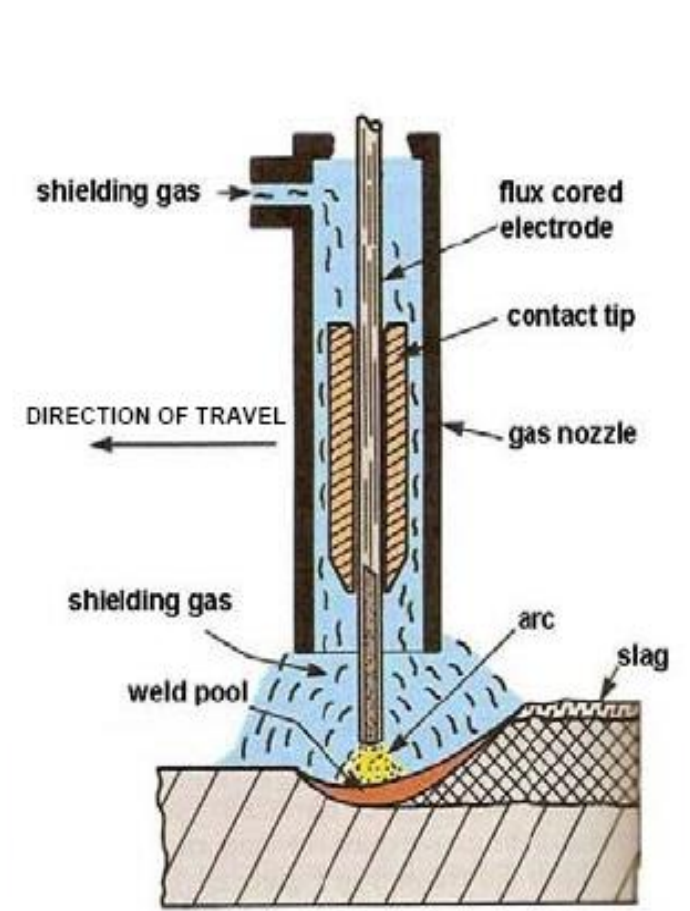
OTROS TERMINOS COMUNMENTE USADOS

- **TIG** (TUNGSTEN INERT GAS) = ARGON
- **MIG** (METAL INERT GAS) = SEMI BAJO GAS INERTE
- **MAG** (METAL ACTIVE GAS) = SEMI BAJO GAS ACTIVO

self-shielded electrode



gas-shielded electrode



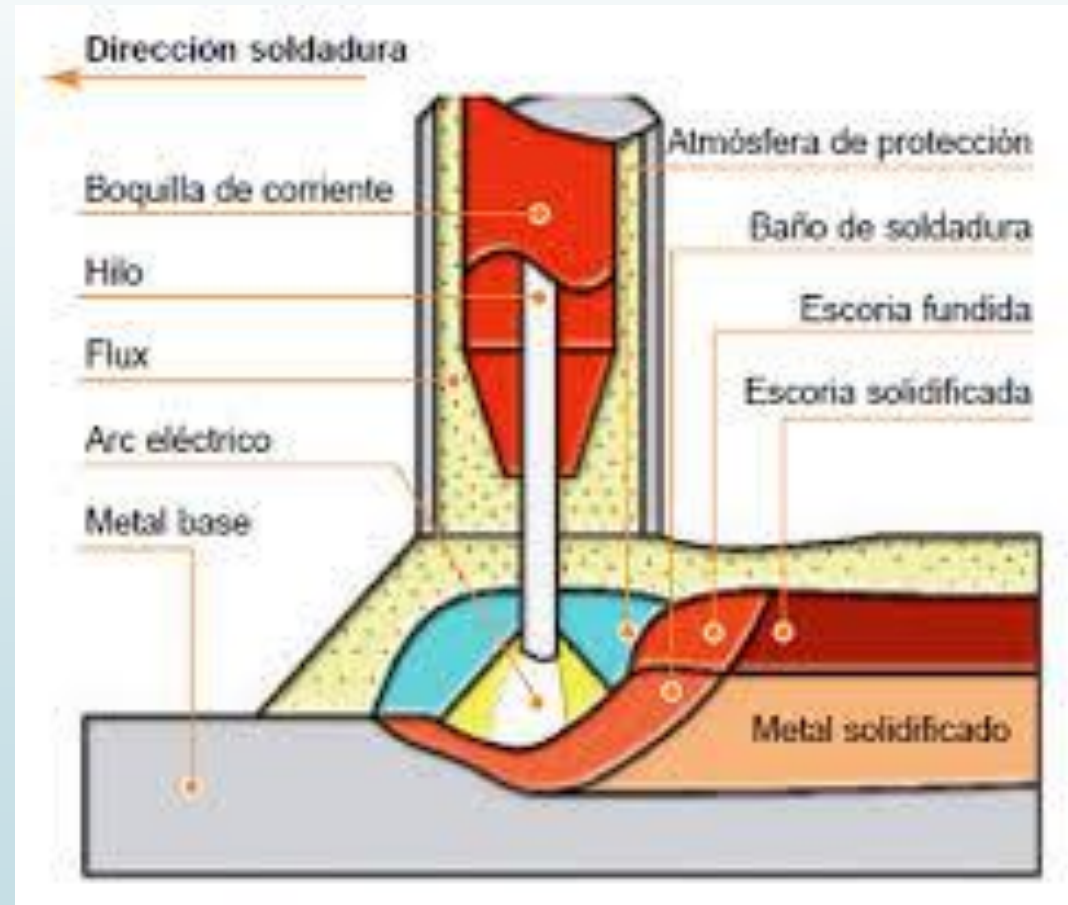
ARCO SUMERGIDO - SAW

NOMINACION DE LOS PROCESOS SEGÚN AWS

- **SMAW** (SHIELDED METAL ARC WELDING) = MANUAL
- **GTAW** (GAS TUNGSTEN ARC WELD.) = ARCO LIBRE MANUAL BAJO PROTECCION DE GAS INERTE.
- **GMAW** (GAS METAL ARC WELD.) = SEMI AUTOMATICO BAJO PROTECCION GASEOSA ACTIVA O INERTE (MAG Ó MIG)
- **FCAW** (FLUX CORED ARC WELD.) SEMI AUTO. AUTOPROTEGIDO
- **SAW** (SUBMERGED ARC WELD.) ARCO SUMERGIDO AUTOMATICO
- **PAW** (PLASMA ARC WELD.)
- **ESW** (ELECTROSLAG WELD.)

OTROS TERMINOS COMUNMENTE USADOS

- **TIG** (TUNGSTEN INERT GAS) = ARGON
- **MIG** (METAL INERT GAS) = SEMI BAJO GAS INERTE
- **MAG** (METAL ACTIVE GAS) = SEMI BAJO GAS ACTIVO



ARCO MANUAL CON ELECTRODO REVESTIDO

► Tipos de electrodos:

- Celulósicos
- Rutílicos
- Básicos / Bajo Hidrogeno
- Para combatir el desgaste
- Aceros inoxidables
- Fundición de Hierro
- Bronce
- Cobre
- Aluminio
- Corte

Ventajas:

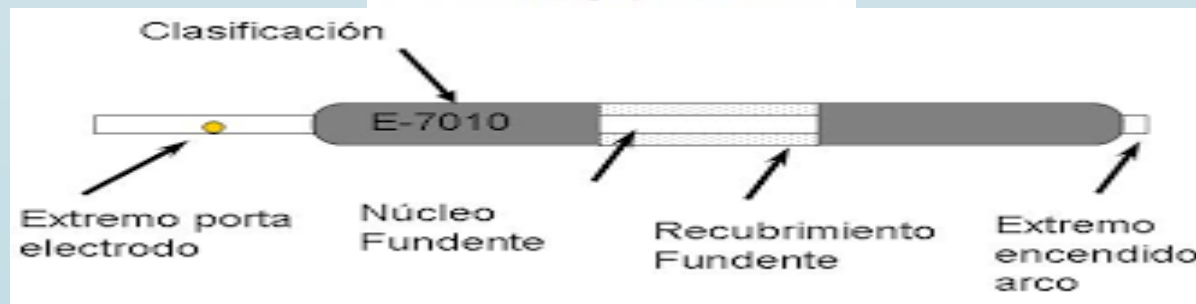
- Bajo nivel de inversión.
- Proceso simple, flexible y portable.
- Acceso a juntas en lugares difíciles de llegada.
- Uso en exteriores, al aire libre.
- Capacidad de soldar la mayoría de los metales ferrosos y no ferrosos.

Limitaciones:

- La productividad, las velocidades de deposición con electrodo revestido son menores que aquéllas obtenidas el proceso de soldadura Mig-Mag
- El rendimiento del electrodo revestido (60%) es menor que el alambre macizo del proceso Mig-Mag (95%).

Procesos de Soldadura – Tipos de revestimiento

- ▶ Los electrodos son clasificados según el tipo de su revestimiento. Los 3 principales tipos son los rútilicos, básicos y celulósicos.
- ▶ Existen también otros tipos como los ácidos y oxidantes, que no se fabrican en nuestro país y que prácticamente han sido reemplazados, por lo cual no nos ocuparemos de ellos.



Electrodo con recubrimiento rutílico

- ▶ El principal componente de estos electrodos es el rutilo, mineral obtenido a partir de menas que en su estado natural contienen de un 88-94% de TiO_2 .
- ▶ Estos electrodos, fáciles de encender y reencender, **poco sensibles a la humedad**, escasas salpicaduras y favorable eliminación de escoria, que permiten una razonable velocidad de soldeo constituyen una gama de consumibles muy apreciada.

Electrodo con recubrimiento rutílico

Tipo de electrodo	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Rutilo	<ul style="list-style-type: none"> -bajo coste -arco estable -fácil cebado -corriente CA y CC -cordón de estética mejor -fácil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> -baño fluido -escaso efecto de limpieza -elevado aporte de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en horizontal -soldadura en vertical y en esquina para pequeños espesores -aceros bajo en carbono y con poca presencia de impurezas -soldaduras de estética buena y de características mecánicas aceptables (buena resistencia, pero con riesgo de grietas)

Electrodo		Acondicionamiento del depósito (en cajas cerradas)	Mantención electrodos (en cajas abiertas)
Clase	Tipo		
EXX12 EXX13 EXX14 EXX24	De rutilo (Fe) De rutilo (Fe)	Temperatura 15°C más alta que la temperatura ambiente, pero menor de 50°C, o humedad relativa ambiente menor a 50%.	10°C a 20°C sobre la temperatura ambiente.

Recubrimientos

Código de revestimiento (último dígito antes del sufijo)		
Designación	Tipo de corriente admitida	Recubrimiento
EXX10	Sólo continua, +	Orgánico
FXX11	Continua y alterna, +	Orgánico
EXX12	Continua y alterna, -	Rutilo
EXX13	Continua y alterna, ±	Rutilo
EXX14	Continua y alterna, ±	Rutilo y hierro en polvo al 30%
EXX15	Sólo continua, +	Bajo en hidrógeno
EXX16	Continua y alterna, +	Bajo en hidrógeno
EXX18	Continua y alterna, ±	Bajo en hidrógeno y hierro en polvo al 25%
EXX20	Continua y alterna, ±	Rico en Óxido de hierro
EXX24	Continua y alterna, ±	Rutilo y hierro en polvo al 50%
EXX27	Continua y alterna, ±	Mineral y hierro en polvo al 50%
EXX28	Continua y alterna, +	Bajo en hidrógeno y hierro en polvo al 50%

Electrodos con revestimiento básico

- ▶ Los componentes principales son el **carburo cálcico** y el **fluoruro cálcico**. El revestimiento, que **no contiene celulosa ni arcilla**, proporciona un gas protector a base de CO₂ procedente del mármol y del fluoruro de silicio formado a partir de la fluorita e espato flúor, en reacción con el SiO₂. Funden a temperaturas muy elevadas (aprox. 2.000 °C).
- ▶ **Son fuertemente higroscópicos**, por lo que precisan de ciertas precauciones para evitar que una retención de humedad origine porosidades en el metal depositado y fisuraciones bajo el cordón en el soldeo de aceros ferríticos de alta resistencia o límite elástico.

Electrodos con revestimiento básico

- Si el electrodo, por su higroscopicidad, ha captado humedad deposita un metal poco dúctil y, en determinadas circunstancias, propenso a fisuración bajo el cordón. Para evitar ambos fenómenos, los electrodos básicos que hayan estado expuestos a un ambiente húmedo, deben secarse siguiendo estrictamente las recomendación de su fabricante.
- La temperatura de secado en horno o estufa y el tiempo necesario de permanencia a esa temperatura deben ser los adecuados a la composición del revestimiento, que sólo el fabricante conoce la exactitud.

Electrodos con revestimiento básico

Clasificación AWS	Tipo de revestimiento	Posiciones	Corriente y polaridad	% adicional de polvo de FE
XX10	Celulósico	Todas	CCEP	*
XX11			CCEP Y CA	*
XX12	<u>Rutílico</u>		CCEN	*
XX13			CCEP Y CA	*
XX14			CCEN	≈ 30 %
XX24				Plana y horizontal	≈ 70 %
XX15	Básico	Todas	CCEP	*
XX16			CCEP Y CA	*
XX18			CCEP	≈ 30%
XX28		Plana y horizontal		≈ 70%

Electrodos con revestimiento básico

E 7015:	Electrodo de revestimiento básico y aporte de bajo hidrógeno. Desarrollado para soldar aceros de alta resistencia o alto carbono, donde los electrodos rutilicos o celulósicos producen grietas debajo del cordón. Apto para soldar aceros de alto azufre. El arco es de penetración media, escoria pesada y vítrea, de fácil quitado. Apariencia de cordón buena, plano o levemente convexo. Operan con DCEP. Muy buenas propiedades mecánicas, buen impacto a bajas temperaturas. Bajo nivel de impurezas en el metal depositado. Calidad radiográfica. Aptos para soldar grandes espesores. Funciona en toda posición, excepto vertical descendente. Se utiliza en cañerías y tuberías, calderería, construcciones navales, tanques y recipientes a presión, etc. Deben usarse solamente electrodos perfectamente secos.
E 7016:	Electrodo básico de bajo hidrógeno similar al E 7015, pero apto para ser utilizado en <u>AC</u> y DCEP.
E 7018:	Electrodo básico de bajo hidrógeno similar al E 7015, pero con agregado de polvo de hierro (30%), lo que aumenta su rendimiento, facilita su manejo y mejora el aspecto del cordón depositado. Escoria más fácil de eliminar. Todos los electrodos básicos deben utilizarse con arco corto.
E 7024:	Electrodo rutilico con agregado de polvo de hierro (50%) en el revestimiento. Gran rendimiento de deposición. Se puede utilizar como electrodo de contacto apoyándolo y arrastrándolo sobre la junta. Funciona con CA o CCPN; apto para soldar en posición plana y filete horizontal. Excelente aspecto del cordón y escoria autodesprendible. Factor de revestimiento 1,8-2,2. Requieren mayores intensidades de corriente que el E 6012 y E 6013.

Electrodos con revestimiento celulósico

- ▶ En estos electrodos la **celulosa, obtenida a partir de la pulpa de la madera**, es el componente principal. Esta sustancia orgánica se descompone por el calor desarrollado en el arco, proporcionando un gas protector que aísla y protege de la oxidación.
- ▶ Aunque son adecuados para soldar en todas las posiciones, se suelen **emplear exclusivamente para soldar tubería en vertical descendente**, porque producen muy poca escoria, se manejan con facilidad y **consiguen una buena penetración en el cordón de raíz, en esta posición**.

Electrodos con revestimiento celulósico

Clasificación AWS	Tipo de revestimiento	Posiciones	Corriente y polaridad
XX10	Celulósico		CCEP
XX11			CCEP Y CA

E 6010:

Electrodos de revestimiento celulósico aglutinado con silicato de sodio. El sodio se ioniza menos que el potasio por lo que el electrodo funciona sólo en CC; se usa polo positivo. Tienen buenas características operativas en toda posición. Se caracterizan por un arco energético de gran penetración, escoria muy delgada y de no fácil limpieza. Se obtiene calidad radiográfica. Se pueden usar sobre chapa oxidada. Poseen un potente flujo gaseoso de protección, debido a la descomposición de la celulosa en el arco. Suelen tener un revestimiento fino, con factor $Fr = 1,3-1,4$. Se aplican sobre aceros dulces en la construcción naval, puentes, tanques de almacenamiento, tuberías, etc.

E 6011:

Es un electrodo celulósico, similar al E 6010, pero aglutinado con silicato de potasio, para obtener una mayor ionización en el arco y de esta manera poder soldar también una corriente alterna. Las aplicaciones son similares a los E 6010, pero su uso es menor. Aporta un metal con fluencia y resistencia algo mayor al E 6010.

Clasificación de electrodos para aceros al carbono

► Procesos de Soldadura - Designación para electrodos revestidos:

E XXYZ - 1 HZR

dónde:

► **E**, indica que se trata de un electrodo para soldadura eléctrica manual.
XX, son dos dígitos (ó tres si se trata de un número de electrodo de cinco dígitos) que designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura, del metal depositado, en Ksi (Kilo libras/pulgada²).

► Por ejemplos siguientes:

- E 60XX ... 62000 lbs/pulg² mínimo (62 Ksi)
- E 70XX ... 70000 lbs/pulg² mínimo (70 Ksi)
- E110XX ... 110000 lbs/pulg² mínimo (110 Ksi)

Clasificación de electrodos para aceros al carbono

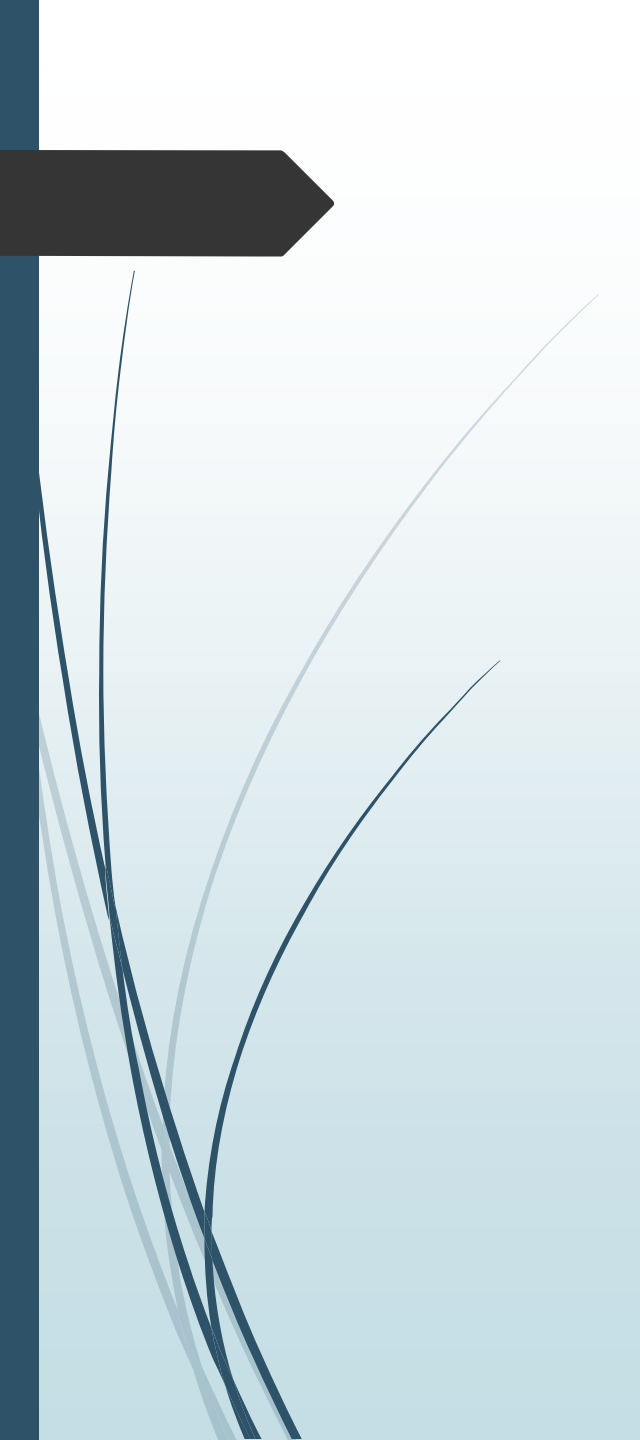
E XXYZ - 1 HZR

- El tercer dígito (Y) indica **la posición** en la que se puede soldar satisfactoriamente con el electrodo en cuestión. Así si vale **1** (por ejemplo, E6011) significa que el electrodo es apto **para soldar en todas posiciones** (plana, vertical, techo y horizontal), **2** si sólo es aplicable para **posiciones planas y horizontal**; y si vale **4** (por ejemplo E 7048) indica que el electrodo es conveniente para posición **plana, pero especialmente apto para vertical descendente**.

Valores medio de la Corriente (A)							
Diámetro electrodo (mm)	1,60	2,00	2,50	3,25	4,00	5,00	6,00
Electrodo Ácido	-	-	-	100-150	120-190	170-270	240-380
Electrodo Rutilo	30-55	40-70	50-100	80-130	120-170	150-250	220-370
Electrodo Celulósico	20-45	30-60	40-80	70-120	100-150	140-230	200-300
Electrodo Básico	50-75	60-100	70-120	110-150	140-200	190-260	250-320

Clasificación de electrodos para aceros al carbono

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico ⁽¹⁾	Fuerte	Profunda ⁽²⁾
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana



Consumibles.
Selección.

Consumibles, selección y tipos de recubrimientos.

¿Cómo seleccionar el Electrodo correcto para soldadura?

Existen siete factores fundamentales en la selección de electrodos para soldadura por arco eléctrico:

- 1) Identificación del metal base.**
- 2) Tipo de corriente disponible para la soldadura, o sea, si se cuenta con corriente alterna o continua para la operación.**
- 3) Posición en la cual debe efectuarse la soldadura.**
- 4) Espesor y forma del metal base.**
- 5) Diseño de la junta.**
- 6) Especificaciones o condiciones de servicio requeridas para el trabajo.**
- 7) Eficiencia y rapidez requerida en la operación.**



**MATERIALES.
NORMATIVAS.**

Metales soldables

► Metales Ferrosos

Acero: En este metal, usted encontrará que su soldabilidad es inversamente proporcional a una de sus propiedades llamada “templabilidad”, la cual mide la producción de un material llamado Martensita, durante la soldadura.

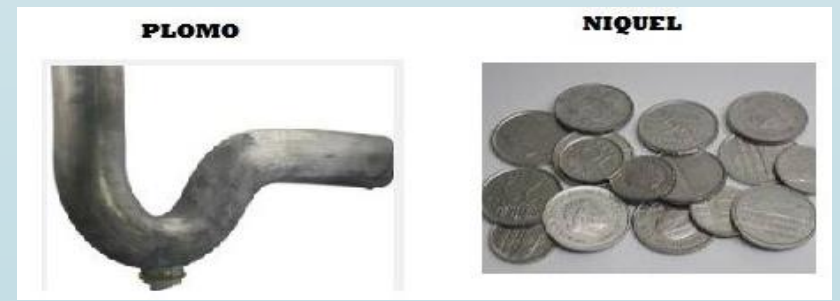
Así mismo, la templabilidad depende directamente de su composición química, específicamente de la cantidad de carbono, sabiéndose que entre mayor sea esta cantidad, mayor será la templabilidad, y por lo consiguiente, se tendrá una soldabilidad menor



Metales soldables

Metales No Ferrosos

- Estaño: Usado en la fabricación de hojalata y como protección para el acero contra la oxidación.
- Cobre: Tiene una alta conductividad eléctrica, y se utiliza como elemento en engranajes, tuercas, tornillos, hélices, turbinas y cables eléctricos, entre otros.
- Cinc (Zn): Presenta la mayor dilatación térmica de todos los metales, y puede utilizarlo en diferentes procesos de fabricación, chapas, recubrimientos, tubos, depósitos, y como recubrimiento de pilas.
- Plomo: Utilizado en soldaduras blandas como material de aporte, además de ser común en tuberías y como recubrimiento.
- Cromo: Utilizado para la fabricación de aceros inoxidable y aceros para herramientas.
- Níquel: También para aceros inoxidable, aparatos de la industria química y recubrimiento de metales.
- Aluminio: En este metal, usted verá que su composición química también es fundamental para determinar su grado de soldabilidad, ya que las aleaciones de aluminio al calentarse, tienden al agrietamiento.



En el momento de soldar...

Todo listo!!! Tengo electrodos, soldadora, protecciones personales!!!

Genial!!!

¿Pero que material voy a soldar? De esta pregunta puede surgir...

- Es un acero común...
- Es un acero inoxidable, creo...
- Creo que el anterior encargado dijo que es un 1045 o un 4140..
- Usa capo un electrodo punta azul que es el mejor, vos sos el mejor!!!
- No tengo ni idea...

Pero en el caso de rotura por falta de mantenimiento y momentos de apuro ...

- No te hagas problema, soldalooooo yaaaa... como sea...
- No hay mas punta azul... pásame el de punta blanca...
- Apúrate que viene el jefe y nos van a echar...



Clasificación general

Aceros estructurales

Perfiles laminados
IRAM-IAS U500-503 (F-24/F26/F36)

Chapas – Chapas estructurales
IRAM-IAS U 500-42

Caños ASTM A106

Aceros de uso mecánico

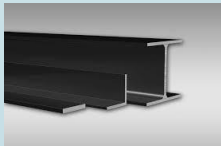
Aceros al Carbono
SAE 1020

Aceros de Baja y Media Aleación
SAE 4140

Aceros de Alta Aleación
SAE 8620

Aceros para herramientas
SAE 52100

ASTM A106 caño de acero al carbono sin costura, el cual puede ser de grado A, grado B o grado C (los que difieren en el contenido de carbono y manganeso y en sus parámetros mecánicos) dentro de la misma norma.



Codificación SAE/AISI

► Interpretación de Normas:

IRAM – IAS

SAE

ASTM A 29

Ejemplo: SAE 4140

41 40

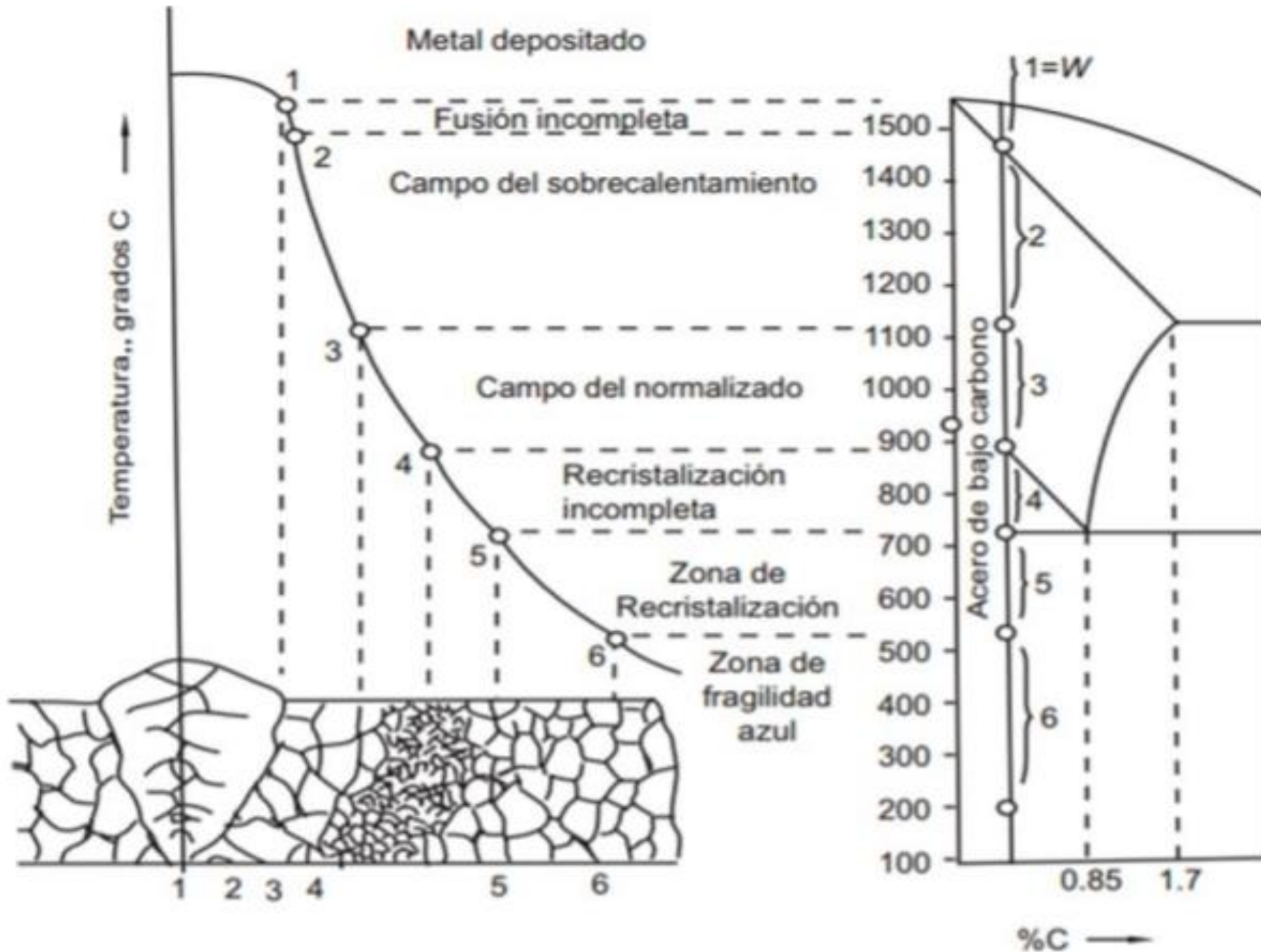
Primeros Dígitos:
Indica el tipo de acero
(Cr Mo)

Últimos códigos:
Indica en % de C
(0.40 % de C)

- IRAM: Instituto de Normalización y Certificación
- SAE: Sociedad de Ingenieros de Automoción.
- ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.



- 10XX – Aceros al carbono
- 11XX – Aceros al carbono - resulfurizados
- 12XX – Aceros al carbono - resulfurizados y refosforados
- 13XX – Manganeso 1.75
- 23XX – Níquel 3.5
- 25XX – Níquel 5.0
- 31XX – Níquel 1.25 y cromo 0.6
- 33XX – Níquel 3.5 y cromo 1.5
- 40XX – Molibdeno 0.2 eo 0.25
- 41XX – Cromo 0.5, 0.8, 0.95 y molibdeno 0.12, 0.20, 0.30
- 43XX – Níquel 1.83, cromo 0.50, 0.80 y molibdeno 0.25
- 44XX – Molibdeno 0.53
- 46XX – Níquel 0.85, 1.83 y molibdeno 0.20, 0.25
- 47XX – Níquel 1.05, cromo 0.45, molibdeno 0.20, 0.35
- 48XX – Níquel 3.5 y molibdeno 0.25
- 50XX – Cromo 0.4
- 51XX – Cromo 0.8, 0.88, 0.93, 0.95, 1.0
- 61XX – Cromo 0.6, 0.95 y vanadio 0.13, 0.15
- 86XX – Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.20
- 87XX – Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.25
- 88XX – Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.35
- 92XX – Silicio 2.0
- 93XX – Níquel 3.25, cromo 1.2, molibdeno 0.12
- 98XX – Níquel 1.0, cromo 0.8, molibdeno 0.25



ZONA 1: Fusión incompleta

ZONA 2: Sobrecalentamiento

ZONA 3: Normalización

ZONA 4: Recristalización incompleta

ZONA 5: Recristalización completa

ZONA 6: Fragilización

Que es un acero

Una aleación de base Fe y C con un contenido de este último entre 0,02 y 2,11%

Que elementos lo componen

Elemento	Características
Carbono	Aleante principal
Fósforo y Azufre (P y S)	Impurezas
Manganeso y Silicio (Mn y Si)	Proviene de la Fabricación
Cromo, Níquel, Molibdeno, Vanadio, etc. (Cr, Ni, Mo, V)	Aleantes

SOLDABILIDAD

Según el Instituto Internacional de Soldadura (International Institute of Welding, IIW) dice que: “un material metálico es considerado soldable, en un grado dado, para **un proceso** y para una **aplicación específica**, cuando una **continuidad metálica** puede ser obtenida mediante el uso de un proceso adecuado, tal que la junta cumpla completamente con los requerimientos especificados tanto en las propiedades locales como en su influencia en la construcción de la cual forma parte”

La **Soldabilidad del acero** mide la capacidad de este que tiene a ser soldado, y depende mucho no solo del material base que va a ser soldado, sino que también depende mucho del material de aportación que se utilice para soldarlo.

Un parámetro realmente útil para evaluar la soldabilidad de un acero blando, duro ... es el concepto de **Carbono Equivalente** que compara con las propiedades de un acero simple, con las diferentes soldabilidades de cualquier aleación de acero.

El Carbono Equivalente o CEV) se utiliza en metales ferrosos como el acero al carbono, determina las diversas propiedades de una aleación cuando se utiliza como algo más que una aleación de carbono.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SOLDABILIDAD

Además del cálculo del Carbono Equivalente, parámetro, hay que tomar en cuenta otros factores para evaluar la soldabilidad del acero en cuestión, ya que ésta no solo depende de la composición química del mismo.

Estos factores van a condicionar las elecciones de la temperaturas de precalentamiento así como la elección adecuada de un tratamiento térmico post-soldadura.

Los otros factores a tener en cuenta, que influyen también en la soldabilidad del acero como pueden ser :

- El espesor de las piezas a soldar,
- El espesor de la junta,
- La elección del material de aporte
- El tipo de soldadura utilizada,
- Las tensiones mecánicas desarrolladas,
- La historia térmica del material

1) Identificación del metal base.

➔ La especificación ASME SA516 Gr. 70 / ASTM A516 Gr. 70

A pesar de su gran uso, la especificación es bastante general y clara. Tiene 5 elementos químicos claves y 3 propiedades mecánicas.

Requerimientos químicos

Elemento	Espesor	Composición (%)
Carbono (max)	12.5 mm y menores	0.27
	de 12.5 to 50 mm	0.28
	de 50 to 100 mm	0.30
	de 100 mm	0.31
Manganeso		0.85 - 1.20
		0.79 - 1.30
Fosforo (max)		0.025
Sulfuro (max)		0.025
Silicio		0.15 - 0.40
		0.13 - 0.45

1) Identificación del metal base.

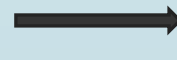
Requerimientos mecánicos

Propiedades Mecánicas	Valor Mpa (KSI)
Tensión de rotura, MPa (ksi)	485 - 620 (70 - 90)
Tensión de fluencia, min MPa (ksi)	260 (38)
Elongación min, % 200 mm (8 in)	17
Elongación min, % 50 mm (2 in)	21

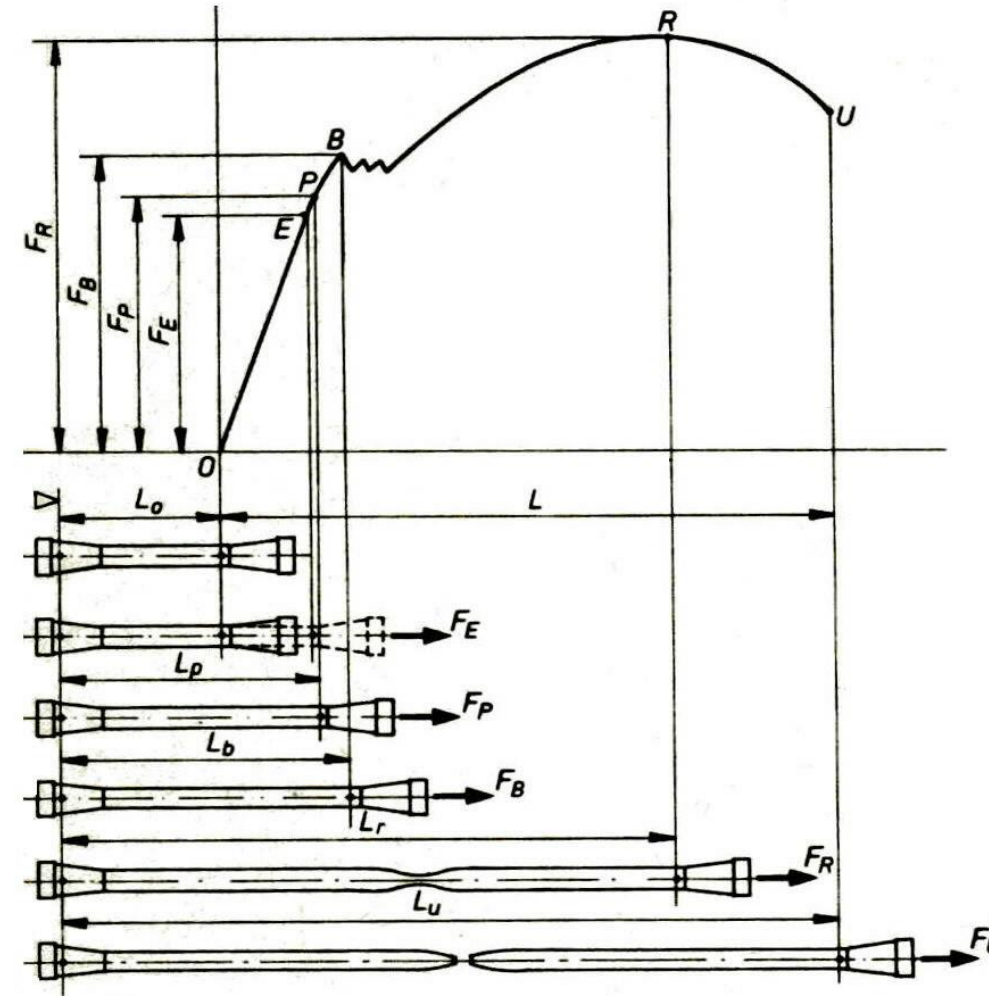
E XXXX



E 80XX



Tensión máxima = 80 kLb/in²



- E límite de elasticidad
- P límite de proporcionalidad
- B límite aparente de elasticidad o limite de fluencia
- R límite de rotura
- U rotura efectiva

Requerimientos químicos

Supongamos que trabajamos con un 0,30% de Carbono.

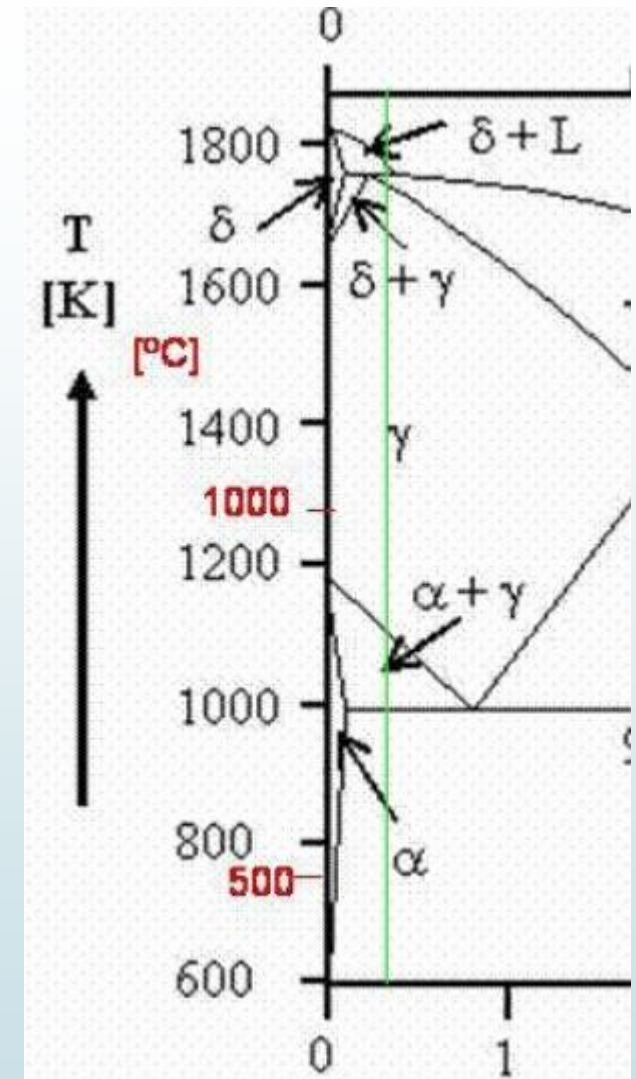
Del diagrama hierro carbono obtengo:

- Punto crítico superior: $AC3=813^{\circ}C$
- Punto crítico Inferior: $AC1=732^{\circ}C$

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,28-0,34	0,60-0,90	0,15-0,30	0,050 máx.	0,040 máx.			

Composición Química (Colada) en %

- ¿Y con este dato que puedo hacer?
- **Cálculo de parámetros para soldadura de aceros al carbono**



Cálculo de parámetros para soldadura de aceros al carbono

► Cálculo de la temperatura de precalentamiento.

► A) Cálculo del carbono equivalente

- En la soldadura por arco de aceros al carbono y de baja aleación, el endurecimiento de la zona afectada por el calor (HAZ) del metal base es causado normalmente por la transformación de la austenita en martensita que resulta del **rápido enfriamiento** del metal de soldadura. **El grado de endurecimiento depende del contenido de la aleación y la velocidad de enfriamiento.** Para los aceros al carbono y de baja aleación, el efecto de la composición se evalúa por medio del carbono equivalente desarrollado empíricamente (Ceq). La siguiente fórmula se utiliza más comúnmente para determinar el Ceq, la cual está aprobada por el Instituto Internacional de Soldadura

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cu + Ni)}{15} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5}$$

Esta ecuación fue desarrollada para medir la tendencia a la **fisuración por hidrógeno** en acero también se utiliza para evaluar el endurecimiento o templabilidad del acero.

$$P_{cn} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

Fórmula de Ito y Bessyo, Japón.: caracteriza mejor el efecto de los elementos de aleación en los aceros al carbono de alta resistencia y baja aleación o aceros micro aleados

CARBONO EQUIVALENTE PARA DISTINTOS CODIGOS

CODIGO						
AWS	$CE = C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$					
IIW - ASME	$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$					
API 5L	$CE = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$					*
NOTA *	Para contenidos de C menores a 0,12%					
	Para contenidos de C mayores a 0,12% utilizar formula de IIW					

Cálculo de parámetros para soldadura de aceros al carbono

► A) Cálculo del carbono equivalente

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cu + Ni)}{15} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5}$$

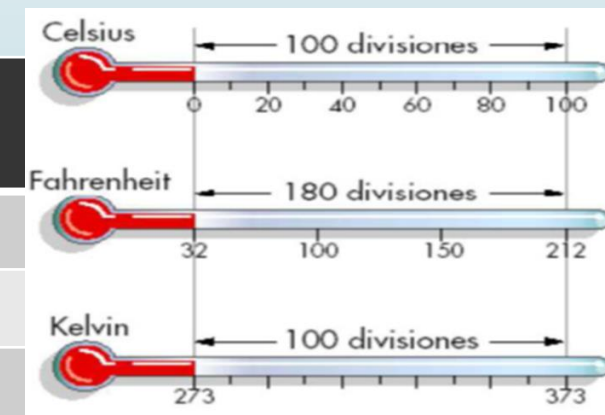
Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,28-0,34	0,60-0,90	0,15-0,30	0,050 máx.	0,040 máx.			

Composición Química (Colada) en %

$$\text{► } C_{eq} = 0,30\% + 0,8\%/6 + (0+0)/15 + (0+0+0)/5 = 0,30 + 0,133 = 0,433$$

Esta fórmula es empírica pero da las siguientes recomendaciones:

Carbono equivalente	Temperatura de precalentamiento
Menor o igual a 0,45	Opcional
0,45 a 0,60	200 a 400 °F
Mayor a 0,60	400 a 700 °F



Carbono equivalente

La Figura muestra el diagrama de Graville, considera 3 zonas.

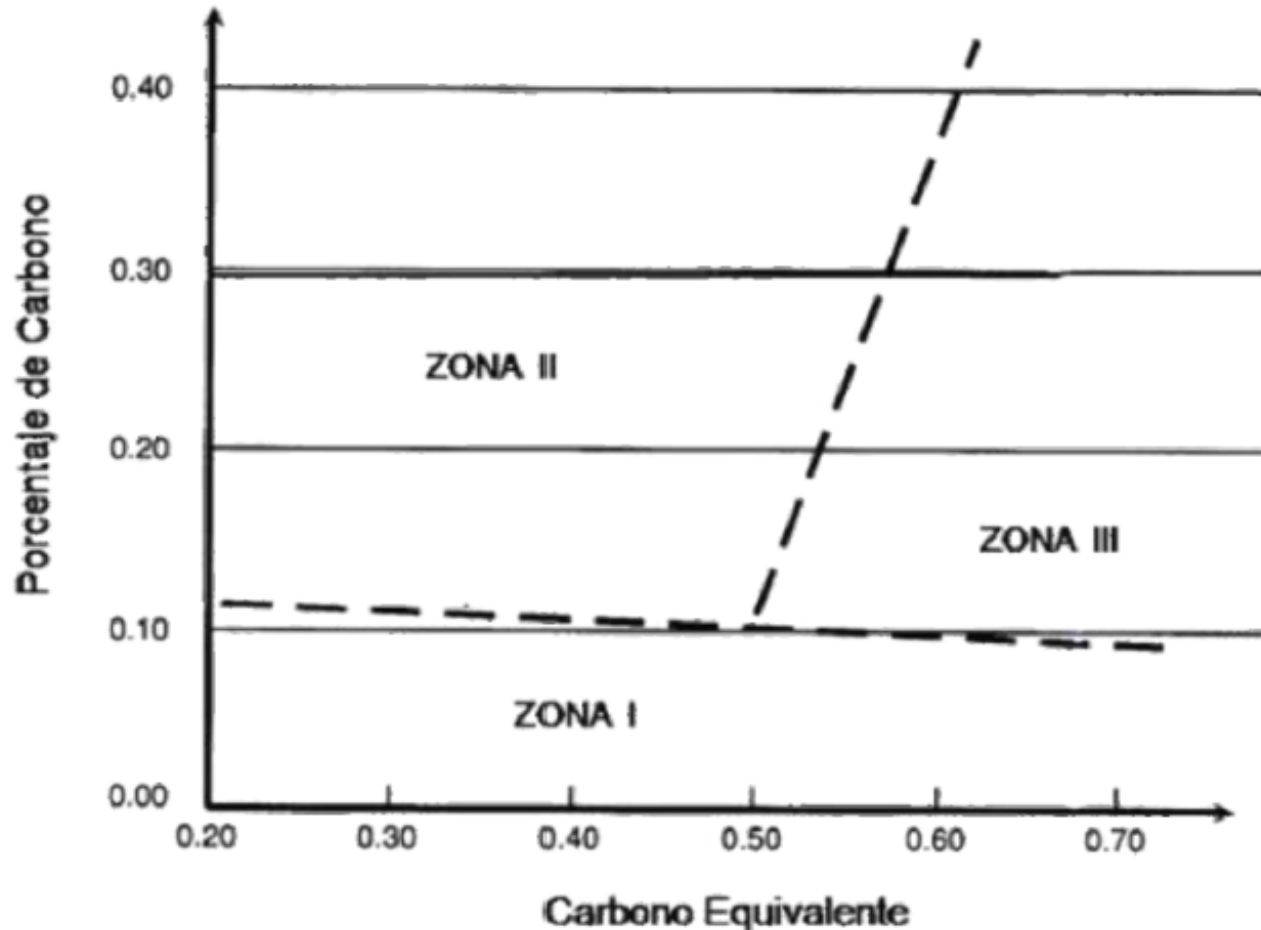


DIAGRAMA DE GRAVILLE: Permite evaluar la necesidad de pre calentamiento o tratamiento térmico post soldadura basada en conceptos de composición química (no considera espesor), en el mismo se grafica la relación entre Carbono y el Carbono Equivalente

Zona I: Aceros de bajo carbono y bajo endurecimiento no susceptibles a fisuras.

Zona II: Aceros con mayor porcentaje de Carbono y bajo endurecimiento, el riesgo a fisuras en la ZAC puede ser evitado mediante el control de la velocidad de enfriamiento, por medio del aporte térmico o en menor extensión el pre calentamiento.

Zona III: Aceros con elevado porcentaje de carbono y alto endurecimiento y en todas las condiciones de soldadura pueden producir micro estructuras susceptibles a fisuras.

PRECALENTAMIENTO Y TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDEO

Pre Calentamiento:
*Calidad final
requerida a la unión*

Consiste en el calentamiento de la junta previo a la soldadura .
Su principal efecto es reducir la velocidad de enfriamiento de la unión soldada.

Imprescindible, en aquellos materiales que presentan problemas de soldabilidad

VENTAJAS:

- Evitar el templado.
- Aumentar la difusión de hidrógeno en la junta.
- Disminuir las pérdidas de calor.
- Eliminar la humedad

DESVENTAJAS:

- Aumenta la extensión de la ZAC.
- Es costoso

Post Calentamiento:

Mejorar alguna propiedad o característica de la soldadura o de la ZAT

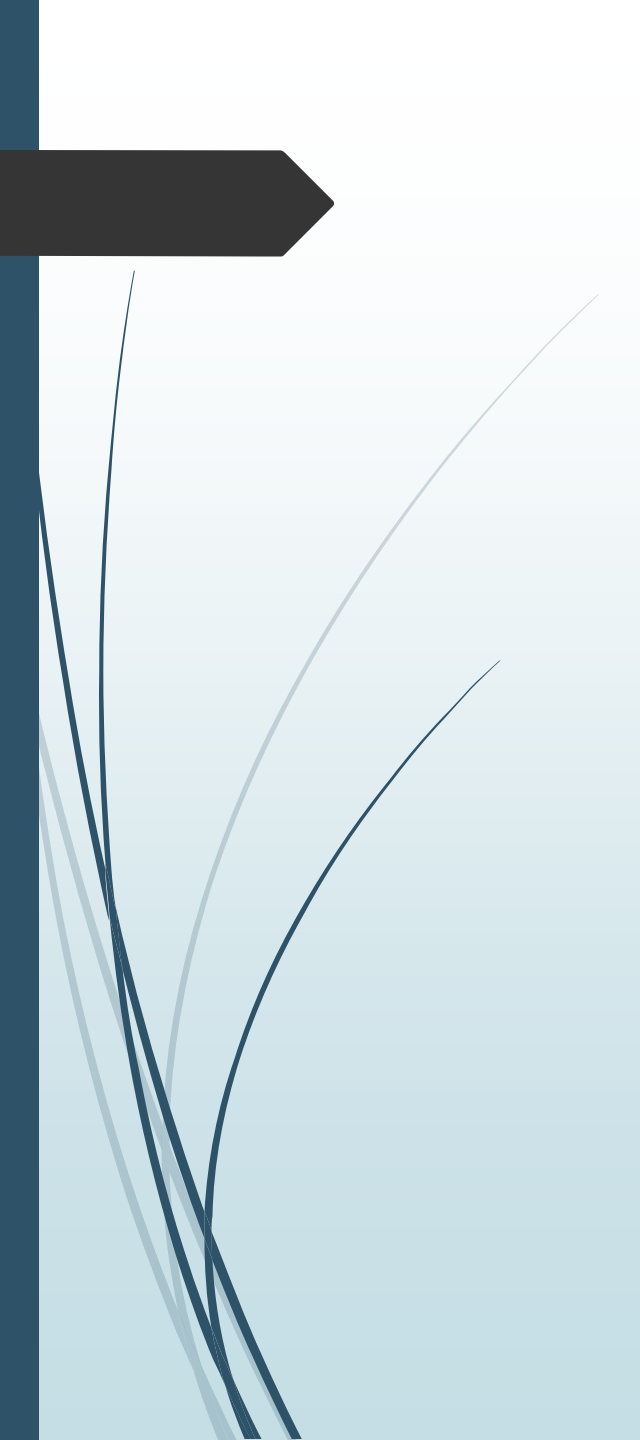
PREVENIR
Fisuración por el Hidrógeno difusible en el metal de soldadura o ZAC:

Reducir el nivel de tensiones residuales

Aparece ante la concurrencia de los siguientes factores:

Hidrógeno difusible en el metal de soldadura o en la zona afectada térmicamente del material base

Microestructuras susceptibles de fisurarse: Martensita, Bainita.



NORMAS Y CÓDIGOS DE SOLDADURA

Normas que Reglamentan los Trabajos de Soldadura

- **AWS** (Sociedad Americana de Soldaduras)
- **CNEA** (Comisión Nacional Energía Atómica)
- **IRAM - IAS** (Instituto Argentino de Soldaduras)
- **ASME IX** (Sociedad Norteamericana de Ingenieros Mecánicos)
- **GE N°1 – 105** (Gas del Estado)
- **ANSI** (Instituto Nacional de Normas de EE.UU)
- **API Std.1104** (Instituto del Petróleo Norteamericano)

**Specification for
Carbon Steel
Electrodes for
Shielded Metal
Arc Welding**

AWS A5.1/A5.1M:2004

Utiliza dos sistemas de unidades:

- **U.S. Customary Units: A5.1**
- **International System of Units (SI): A5.1M**



American Welding Society



Key Words—Carbon steel electrodes, shielded metal arc welding electrodes, covered electrodes, arc welding filler metal specification

AWS A5.1/A5.1M:2004
An American National Standard

Approved by
American National Standards Institute
September 5, 2003

Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding

Supersedes ANSI/AWS A5.1-91

Prepared by
AWS A5 Committee on Filler Metals and Allied Materials

Under the Direction of
AWS Technical Activities Committee

Approved by
AWS Board of Directors

Abstract

This specification establishes the requirements for classification of carbon steel electrodes for shielded metal arc welding. The requirements include mechanical properties of weld metal, weld metal soundness, and usability of electrode. Requirements for composition of the weld metal, moisture content of low-hydrogen electrode coverings, standard sizes and lengths, marking, manufacturing, and packaging are also included. A guide to the use of the standard is included in an Annex.

Optional supplemental requirements include improved toughness and ductility, lower moisture contents, and diffusible hydrogen limits.

This specification makes use of both U.S. Customary Units and the International System of Units (SI). Since these are not equivalent, each system must be used independently of the other.



American Welding Society

550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida 33126

Foreword

(This Foreword is not a part of AWS A5.1/A5.1M:2004, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, but is included for informational purposes only.)

This specification is the latest revision of the first filler metal specification issued over 60 years ago. The initial 1940 document and the three revisions within the next five years were prepared by a joint committee of the American Society for Testing and Materials and the American Welding Society. However, they were issued with only an ASTM specification designation. The 1948 revision was the first specification issued with the AWS designation appearing on the document. The 1969 revision was the first time that the document was issued without the ASTM designation.

This document is the first of the A5.1 specifications which makes use of both U.S. Customary Units and the International System of Units (SI). The dimensions are not exact equivalents in the two systems. Previous A5.1 specifications showed an approximate conversion to SI units for information purposes only. This practice is discontinued. Instead SI units used are hard conversions to rational units. In selecting rational metric units AWS A1.1, *Metric Practice Guide for the Welding Industry*, and International Standard ISO 544, *Welding consumables—Technical delivery conditions for welding filler materials—Type of product, dimensions, tolerances and markings*, are used where suitable. Tables and figures make use of both U.S. Customary and SI Units, which with the application of the specified tolerances provides for interchangeability of products in both the U.S. Customary and SI Units.

Document Development:

ASTM A 233-40T	Tentative Specifications for Iron and Steel Arc-Welding Electrodes
ASTM A 233-42T	Tentative Specifications for Iron and Steel Arc-Welding Electrodes
ASTM A 233-43T	Tentative Specifications for Iron and Steel Arc-Welding Electrodes
ASTM A 233-45T	Tentative Specifications for Iron and Steel Arc-Welding Electrodes
ASTM A 233-48T AWS A5.1-48T	Tentative Specifications for Mild Steel Arc Welding Electrodes
ASTM A 233-55T AWS A5.1-55T	Tentative Specifications for Mild Steel Arc Welding Electrodes
ASTM A 233-58T AWS A5.1-58T	Tentative Specification for Mild Steel Arc Welding Electrodes
AWS A5.1-64T ASTM A 233-64T	Tentative Specification for Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes
AWS A5.1-69 ANSI W3.1-1973	Specification for Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes
ANSI/AWS A5.1-78	Specification for Carbon Steel Covered Arc-Welding Electrodes
ANSI/AWS A5.1-81	Specification for Carbon Steel Covered Arc-Welding Electrodes
ANSI/AWS A5.1-91	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding

Comments and suggestions for the improvement of this standard are welcomed. They should be sent to the Secretary, AWS A5 Committee on Filler Metals and Allied Materials, American Welding Society, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126.

Official interpretations of any of the technical requirements of this standard may be obtained by sending a request, in writing, to the Managing Director, Technical Services Division, American Welding Society. A formal reply will be issued after it has been reviewed by the appropriate personnel following established procedures.

**Table 4
Required Tests^a**

AWS Classification		Current and Polarity ^a	Electrode Size		Welding Position for Test Assembly ^b				
A5.1	A5.1M		A5.1 (in)	A5.1M (mm)	Chemical Analysis ^c	Radiographic Test ^d All-Weld-Metal Tension Test ^e	Impact Test ^f	Fillet Weld Test ^g	Moisture Test ^h
E6010	E4310	dcep	3/32, 1/8	2.4, 2.5, 3.2	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32, 3/16	4.0, 4.8, 5.0	F	F	F	V & OH	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR
			1/4	6.0, 6.4	F	F	F	H-fillet	NR
			5/16	8.0	NR	F	NR	NR	NR
E6011	E4311	ac and dcep	3/32, 1/8	2.4, 2.5, 3.2	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32, 3/16	4.0, 4.8, 5.0	F	F	F	V & OH	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR
			1/4	6.0, 6.4	F	F	F	H-fillet	NR
			5/16	8.0	NR	F	NR	NR	NR
E6012	E4312	ac and dcen	1/16 to 1/8 inc.	1.6 to 3.2 inc.	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32, 3/16	4.0, 4.8, 5.0	F	F ^h	NR	V & OH	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR
			1/4, 5/16	6.0, 6.4, 8.0	F	F ^h	NR	H-fillet	NR
E6013	E4313	ac, dcep, and dcen	1/16 to 1/8 inc.	1.6 to 3.2 inc.	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32, 3/16	4.0, 4.8, 5.0	F	F ^k	NR	V & OH	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR
			1/4, 5/16	6.0, 6.4, 8.0	F	F ^k	NR	H-fillet	NR
E6018	E4318	ac and dcep	3/32, 1/8	2.4, 2.5, 3.2	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32	4.0	F	F	F	V & OH	Reqd.
			3/16	4.8, 5.0	NR	F	F	H-fillet	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR
			1/4	6.0, 6.4	F	F	F	H-fillet	Reqd.
5/16	8.0	NR	F	NR	NR	NR			
E6019	E4319	ac, dcep, and dcen	5/64 to 1/8 inc.	2.0 to 3.2 inc.	NR	NR	NR	NR	NR
			5/32, 3/16	4.0, 4.8, 5.0	F	F ^k	F ^l	V & OH	NR
			7/32	5.6	NR	NR	NR	NR	NR

**Ensayos
requeridos**

Designación

E**XX****YY**
E**XX****YY** **M**
E**XX****YY**-**1** **HZ** **R**

MANDATORIO

E: significa que es un electrodo

XX: resistencia a la tracción mínima en kpsi o MPa $\div 10$ del aporte puro

YY: designa la posición de soldadura, el tipo de revestimiento y tipo de corriente

M: designa al electrodo E7018 o E4918 que satisface los requerimientos militares norteamericanos

NO MANDATORIO

1: informa que los E7016, E7018, E7024 (E4916, E4918, E4924) satisfacen requerimientos de tenacidad especiales (27 J a -46 °C)

HZ: designa al electrodo que cumple con los requerimientos de hidrógeno difusible en el metal depositado

R: electrodo resistente a la humedad.

**Table 1
Electrode Classification**

AWS Classification		Type of Covering	Welding Position ^a	Type of Current ^b
A5.1	A5.1M			
E6010	E4310	High cellulose sodium	F, V, OH, H-fillet	dcep
E6011	E4311	High cellulose potassium	F, V, OH, H-fillet	ac or dcep
E6012	E4312	High titania sodium	F, V, OH, H-fillet	ac or dcen
E6013	E4313	High titania potassium	F, V, OH, H-fillet	ac, dcep, or dcen
E6018 ^c	E4318 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H-fillet	ac or dcep
E6019	E4319	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H-fillet	ac, dcep, or dcen
E6020	E4320	High iron oxide	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E6022 ^d	E4322 ^d	High iron oxide	F, H-fillet	ac or dcen
E6027	E4327	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7014	E4914	Iron powder, titania	F, V, OH, H-fillet	ac, dcep, or dcen
E7015	E4915	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H-fillet	dcep
E7016 ^e	E4916 ^e	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H-fillet	ac or dcep
E7018 ^c	E4918 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H-fillet	ac or dcep
E7018M	E4918M	Low-hydrogen iron powder	F, V, OH, H-fillet	dcep
E7024 ^e	E4924 ^e	Iron powder, titania	H-fillet, F	ac, dcep, or dcen
E7027	E4927	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7028 ^c	E4928 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	H-fillet, F	ac or dcep
E7048	E4948	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, OH, H-fillet, V-down	ac or dcep

Composición química

depósito sin dilución

Table 7
Chemical Composition Requirements for Weld Metal

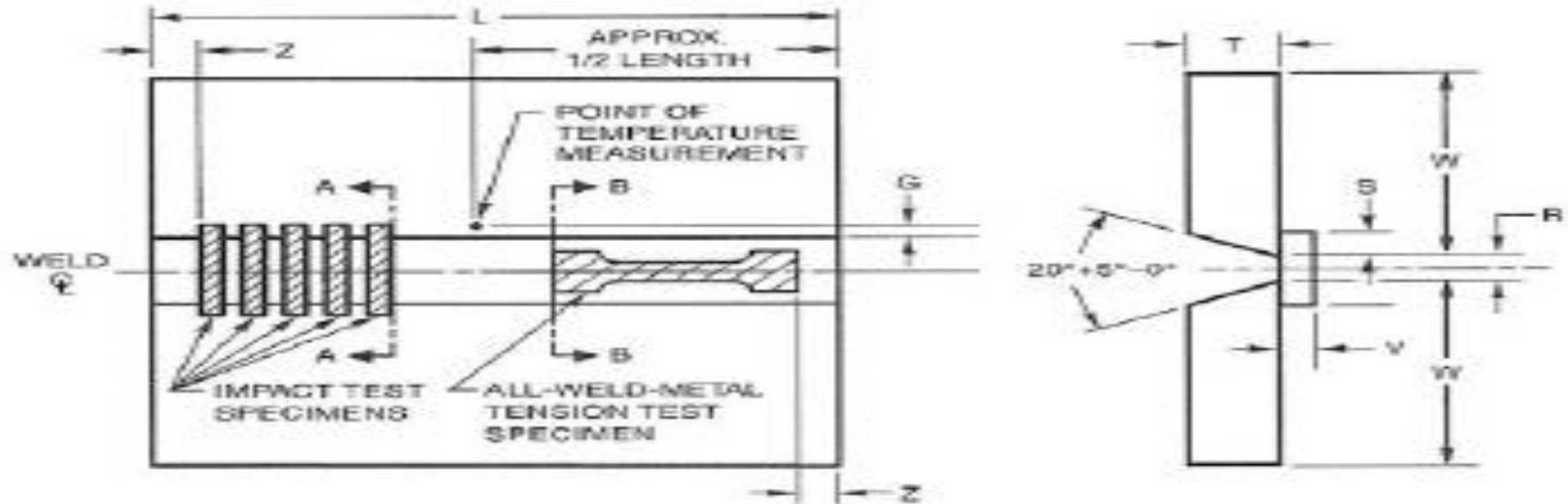
AWS Classification		UNS ^a Number	Weight Percent ^b									Combined Limit for Mn + Ni + Cr + Mo + V
A5.1	A5.1M		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
E6010	E4310	W06010	0.20	1.20	1.00	N.S.	N.S.	0.30	0.20	0.30	0.08	N.S.
E6011	E4311	W06011										
E6012	E4312	W06012										
E6013	E4313	W06013										
E6019	E4319	W06019										
E6020	E4320	W06020										
E6027	E4327	W06027										
E6018	E4318	W06018	0.03	0.60	0.40	0.025	0.015	0.30	0.20	0.30	0.08	N.S.
E7015	E4915	W07015	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50
E7016	E4916	W07016	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7018	E4918	W07018	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7014	E4914	W07014	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50
E7024	E4924	W07024	0.15	1.25	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.50
E7027	E4927	W07027	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7028	E4928	W07028	0.15	1.60	0.90	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7048	E4948	W07048										
E7018M	E4918M	W07018	0.12	0.40 to 1.60	0.80	0.030	0.020	0.25	0.15	0.35	0.05	N. S.

Notes:

a. SAE/ASTM Unified Numbering System for Metals and Alloys.

b. Single values are maximum. N. S. means Not Specified.

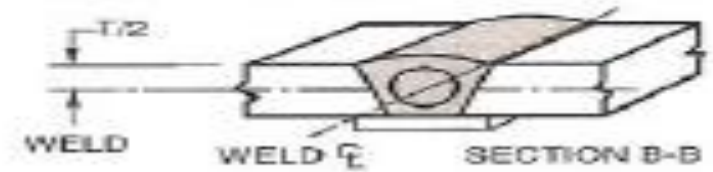
Probeta de metal de aporte puro



(A) TEST PLATE SHOWING LOCATION OF TEST SPECIMENS



(B) ORIENTATION AND LOCATION OF IMPACT TEST SPECIMEN



(C) LOCATION OF ALL-WELD-METAL TENSION TEST SPECIMEN

Dimension	Description	A5.1		A5.1M		Electrode Size		Plate Thickness (T)		Root Opening (R)		Passes per Layer	Total Layers
		(in)	(mm)	(in)	(mm)	A5.1 (in)	A5.1M (mm)	A5.1 (in)	A5.1M (mm)				
G	Offset from Groove Edge	1/4-1/2	6-15	3/32	2.5	1/2	13	3/8	10	2	Not Specified		
L	Length, min. (See Note 1)	10	250	1/8	3.2	1/2	13	1/2	13	2	5-7		
S	Strip Overlap, min.	1/4	6	5/32	4.0	3/4	20	5/8	16	2	7-8		
V	Strip Thickness, min.	1/4	6	3/16	5.0	3/4	20	3/4	20	2	6-8		
W	Width, min.	5	125	7/32	6.0	3/4	20	7/8	24	2	6-8		
Z	Discard, min.	1	25	1/4	6.0	1	25	1	24	2	9-11		
				5/16	8.0	1-1/4	30	1-1/8	32	2	10-12		

Table 8
Radiographic Soundness Requirements

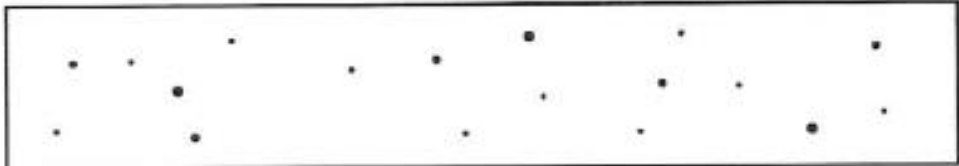
AWS Classification		Radiographic Standard ^{a, b}
A5.1	A5.1M	
E6018	E4318	Grade 1
E6019	E4319	
E6020	E4320	
E7015	E4915	
E7016	E4916	
E7018	E4918	
E7018M	E4918M	
E7048	E4948	
E6010	E4310	Grade 2
E6011	E4311	
E6013	E4313	
E6027	E4327	
E7014	E4914	
E7024	E4924	
E7027	E4927	
E7028	E4928	
E6012	E4312	Not Specified
E6022	E4322	

Notes:

a. See Figure 7

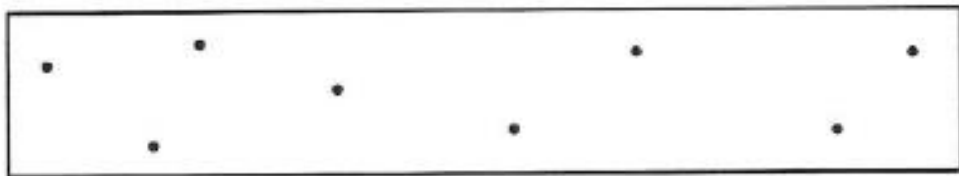
b. The radiographic soundness obtainable under industrial conditions employed for the various electrode classifications is discussed in A6.10.1 in Annex A.

Requerimientos radiográficos



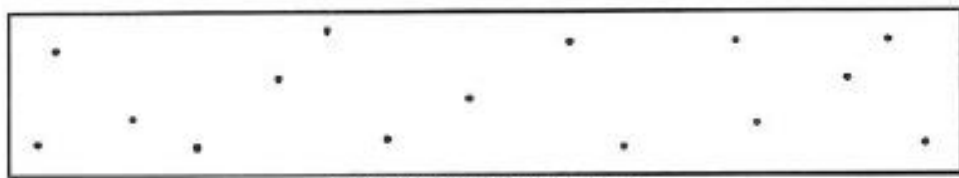
(A) ASSORTED ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/64 in [0.4 mm] TO 1/16 in [1.6 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH. MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 16, WITH THE FOLLOWING RESTRICTIONS:
 MAXIMUM NUMBER OF LARGE 3/64 in [1.2 mm] TO 1/16 in [1.6 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 3.
 MAXIMUM NUMBER OF MEDIUM 1/32 in [0.8 mm] TO 3/64 in [1.2 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 5.
 MAXIMUM NUMBER OF SMALL 1/64 in [0.4 mm] TO 1/32 in [0.8 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 10.



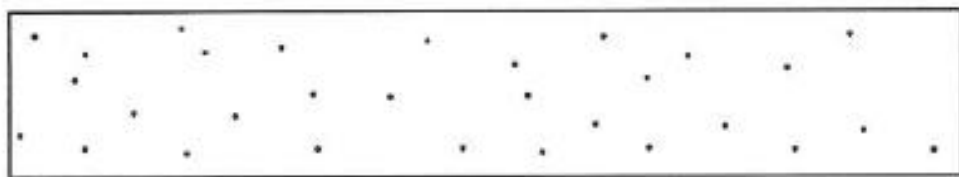
(B) LARGE ROUNDED INDICATIONS

SIZE 3/64 in [1.2 mm] TO 1/16 in [1.6 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 6.



(C) MEDIUM ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/32 in [0.8 mm] TO 3/64 in [1.2 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 15.



(D) SMALL ROUNDED INDICATIONS

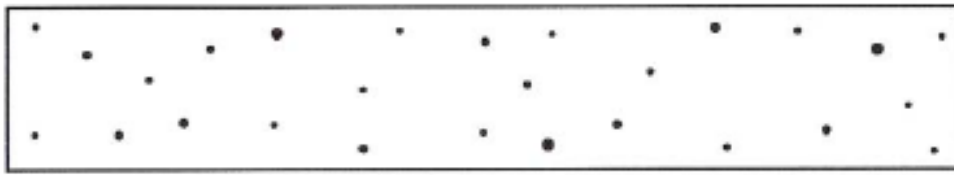
SIZE 1/64 in [0.4 mm] TO 1/32 in [0.8 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 30.

Notes:

1. In using these standards, the chart which is most representative of the size of the rounded indications present in the test specimen radiograph shall be used for determining conformance to these radiographic standards.
2. Since these are test welds specifically made in the laboratory for classification purposes, the radiographic requirements for these test welds are more rigid than those which may be required for general fabrication.
3. Indications whose largest dimension does not exceed 1/64 in [0.4 mm] shall be disregarded.

Figure 7—Radiographic Acceptance Standards for Rounded Indications (Grade 1)

Requerimientos radiográficos Grado 1



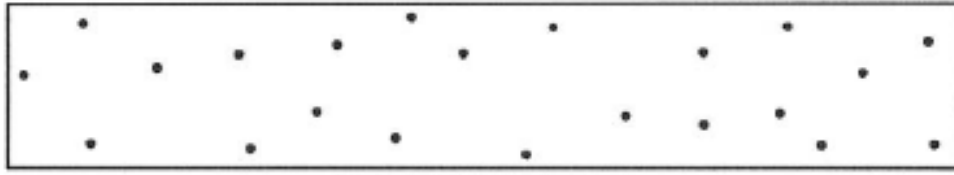
(E) ASSORTED ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/64 in [0.4 mm] TO 5/64 in [2.0 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 27, WITH THE FOLLOWING RESTRICTIONS:
 MAXIMUM NUMBER OF LARGE 1/16 in [1.6 mm] TO 5/64 in [2.0 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 3.
 MAXIMUM NUMBER OF MEDIUM 3/64 in [1.2 mm] TO 1/16 in [1.6 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 5.
 MAXIMUM NUMBER OF SMALL 1/64 in [0.4 mm] TO 3/64 in [1.2 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 16.



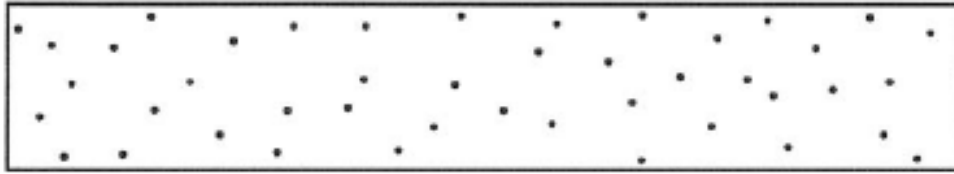
(F) LARGE ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/16 in [1.6 mm] TO 5/64 in [2.0 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 14.



(G) MEDIUM ROUNDED INDICATIONS

SIZE 3/64 in [1.2 mm] TO 1/16 in [1.6 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 22.



(H) SMALL ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/64 in [0.4 mm] TO 3/64 in [1.2 mm] IN DIAMETER OR IN LENGTH.
 MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in [150 mm] OF WELD = 44.

Notes:

1. In using these standards, the chart which is most representative of the size of the rounded indications present in the test specimen radiograph shall be used for determining conformance to these radiographic standards.
2. Since these are test welds specifically made in the laboratory for classification purposes, the radiographic requirements for these test welds are more rigid than those which may be required for general fabrication.
3. Indications whose largest dimension does not exceed 1/64 in [0.4 mm] shall be disregarded.

Requerimientos radiográficos Grado 2

Figure 7 (Continued)—Radiographic Acceptance Standards for Rounded Indications (Grade 2)

Requerimientos de tracción

Table 2
Tension Test Requirements^{a, b, c}

AWS Classification		Tensile Strength		Yield Strength at 0.2% Offset		Elongation
A5.1	A5.1M	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	Percentage in 4x Diameter Length
E6010	E4310	60	430	48	330	22
E6011	E4311	60	430	48	330	22
E6012	E4312	60	430	48	330	17
E6013	E4313	60	430	48	330	17
E6018	E4318	60	430	48	330	22
E6019	E4319	60	430	48	330	22
E6020	E4320	60	430	48	330	22
E6022 ^d	E4322 ^d	60	430	Not Specified		Not Specified
E6027	E4327	60	430	48	330	22
E7014	E4914	70	490	58	400	17
E7015	E4915	70	490	58	400	22
E7016	E4916	70	490	58	400	22
E7018	E4918	70	490	58	400	22
E7024	E4924	70	490	58	400	17 ^e
E7027	E4927	70	490	58	400	22
E7028	E4928	70	490	58	400	22
E7048	E4948	70	490	58	400	22
E7018M	E4918M	Note f	Note f	53–72 ^f	370–500 ^g	24

Notes:

a. See Table 4 for sizes to be tested.

b. Requirements are in the as-welded condition with aging as specified in 12.2.

c. Single values are minimum.

d. A transverse tension test, as specified in 12.5 and a longitudinal guided bend test, as specified in Section 13 are required.

e. Weld metal from electrodes identified as E7024-1 [E4924-1] shall have elongation of 22% minimum.

f. Tensile strength of this weld metal is a nominal 70 ksi [490 MPa].

g. For 3/32 in [2.4 mm] electrodes, the maximum yield strength shall be 77 ksi [530 MPa].

Requerimientos de tenacidad

Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens ^a	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6018 E6027, E7015, E7016 ^b , E7018 ^b , E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4915, E4916 ^b , E4918 ^b , E4927, E4948	20 ft-lbf at -20°F [27 J at -30°C]	15 ft-lbf at -20°F [20 J at -30°C]
E6019 E7028	E4319 E4928	20 ft-lbf at 0°F [27 J at -20°C]	15 ft-lbf at 0°F [20 J at -20°C]
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024 ^b	E4312, E4313 E4320, E4322 E4914, E4924 ^b	Not Specified	Not Specified

AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens ^c	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4918M	50 ft-lbf at -20°F [67 J at -30°C]	40 ft-lbf at -20°F [54 J at -30°C]

Notes:

- Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft-lbf [27 J].
- Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016	E4916	E7016-1	E4916-1	20 ft-lbf at -50°F [27 J at -45°C]	15 ft-lbf at -50°F [20 J at -45°C]
E7018	E4918	E7018-1	E4918-1		
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft-lbf at 0°F [27 J at -20°C]	15 ft-lbf at 0°F [20 J at -20°C]

- All five values obtained shall be used in computing the average. Four of the five values shall equal, or exceed, 50 ft-lbf [67 J].

Ensayo de humedad AWS

en el revestimiento

Los electrodos se ensayarán:

1) Como recibidos

**1) Acondicionados (resecados) según recomiende el fabricante
Se debe registrar el acondicionamiento**

**3) Expuestos en un medio a 27°C y 80% HR, por mínimo 9 horas,
en el caso de los electrodos EXXX "R"**

Almacenaje y resecado

Table A3
Typical Storage and Drying Conditions for Covered Arc Welding Electrodes

AWS Classification		Storage Conditions ^{a, b}		
A5.1	A5.1M	Ambient Air	Holding Ovens	Drying Conditions ^c
E6010, E6011	E4310, E4311	Ambient Temperature	Not recommended	Not recommended
E6012, E6013, E6019, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024, E7027	E4312, E4313, E4319, E4320, E4322, E4327, E4914, E4924, E4927	80°F ± 20°F [30°C ± 10°C] 50 percent max relative humidity	20°F to 40°F [10°C to 20°C] above ambient temperature	275°F ± 25°F [135°C ± 15°C] 1 hour at temperature
E6018, E7015, E7016, E7018, E7028, E7018M, E7048	E4318, E4915 E4916, E4918, E4928, E4918M, E4948	Not recommended	50°F to 250°F [30°C to 140°C] above ambient temperature	500°F to 800°F [260°C to 425°C] 1 to 2 hours at temperature

Notes:

- After removal from manufacturer's packaging.
- Some of these electrode classifications may be designated as meeting low moisture absorbing requirements. This designation does not imply that storage in ambient air is recommended.
- Because of inherent differences in covering composition, the manufacturers should be consulted for the exact drying conditions.

Amperajes típicos

Table A4
Typical Amperage Ranges

Electrode Diameter		A5.1	E6010, E6011	E6012	E6013	E6019	E6020	E6022	E6027, E7027	E7014	E7015, E7016	E6018, E7018M, E7018	E7024, E7028	E7048
A5.1 (in)	A5.1M (mm)	A5.1M	E4310, E4311	E4312	E4313	E4319	E4320	E4322	E4327, E4927	E4914	E4915, E4916	E4318, E4918M, E4918	E4924, E4928	E4948
1/16	1.6		—	20 to 40	20 to 40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5/64	2.0		—	25 to 60	25 to 60	35 to 55	—	—	—	—	—	—	—	—
3/32*	2.4*, 2.5*		40 to 80	35 to 85	45 to 90	50 to 90	—	—	—	80 to 125	65 to 110	70 to 110	100 to 145	—
1/8	3.2		75 to 125	80 to 140	80 to 130	80 to 140	100 to 150	110 to 160	125 to 185	110 to 160	100 to 150	105 to 155	140 to 190	80 to 140
5/32	4.0		110 to 170	110 to 190	105 to 180	130 to 190	130 to 190	140 to 190	160 to 240	150 to 210	140 to 200	130 to 200	180 to 250	150 to 220
3/16	5.0		140 to 215	140 to 240	150 to 230	190 to 250	175 to 250	170 to 400	210 to 300	200 to 275	180 to 255	200 to 275	230 to 305	210 to 270
7/32	5.6		170 to 250	200 to 320	210 to 300	240 to 310	225 to 310	370 to 520	250 to 350	260 to 340	240 to 320	260 to 340	275 to 365	—
1/4	6.0		210 to 320	250 to 400	250 to 350	310 to 360	275 to 375	—	300 to 420	330 to 415	300 to 390	315 to 400	335 to 430	—
5/16	8.0		275 to 425	300 to 500	320 to 430	360 to 410	340 to 450	—	375 to 475	390 to 500	375 to 475	375 to 470	400 to 525	—

*This diameter is not manufactured in the E7028 [E4828] classification.

Consumibles: material y proceso

AWS Filler Metal Specifications by Material and Welding Process

	OFW	SMAW	GTAW GMAW PAW	FCAW	SAW	ESW	EGW	Brazing
Carbon Steel	A5.2	A5.1	A5.18	A5.20	A5.17	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Low-Alloy Steel	A5.2	A5.5	A5.28	A5.29	A5.23	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Stainless Steel		A5.4	A5.9, A5.22	A5.22	A5.9	A5.9	A5.9	A5.8, A5.31
Cast Iron	A5.15	A5.15	A5.15	A5.15				A5.8, A5.31
Nickel Alloys		A5.11	A5.14		A5.14			A5.8, A5.31
Aluminum Alloys		A5.3	A5.10					A5.8, A5.31
Copper Alloys		A5.6	A5.7					A5.8, A5.31
Titanium Alloys			A5.16					A5.8, A5.31
Zirconium Alloys			A5.24					A5.8, A5.31
Magnesium Alloys			A5.19					A5.8, A5.31
Tungsten Electrodes			A5.12					
Brazing Alloys and Fluxes								A5.8, A5.31
Surfacing Alloys	A5.21	A5.13	A5.21	A5.21	A5.21			
Consumable Inserts			A5.30					
Shielding Gases			A5.32	A5.32			A5.32	

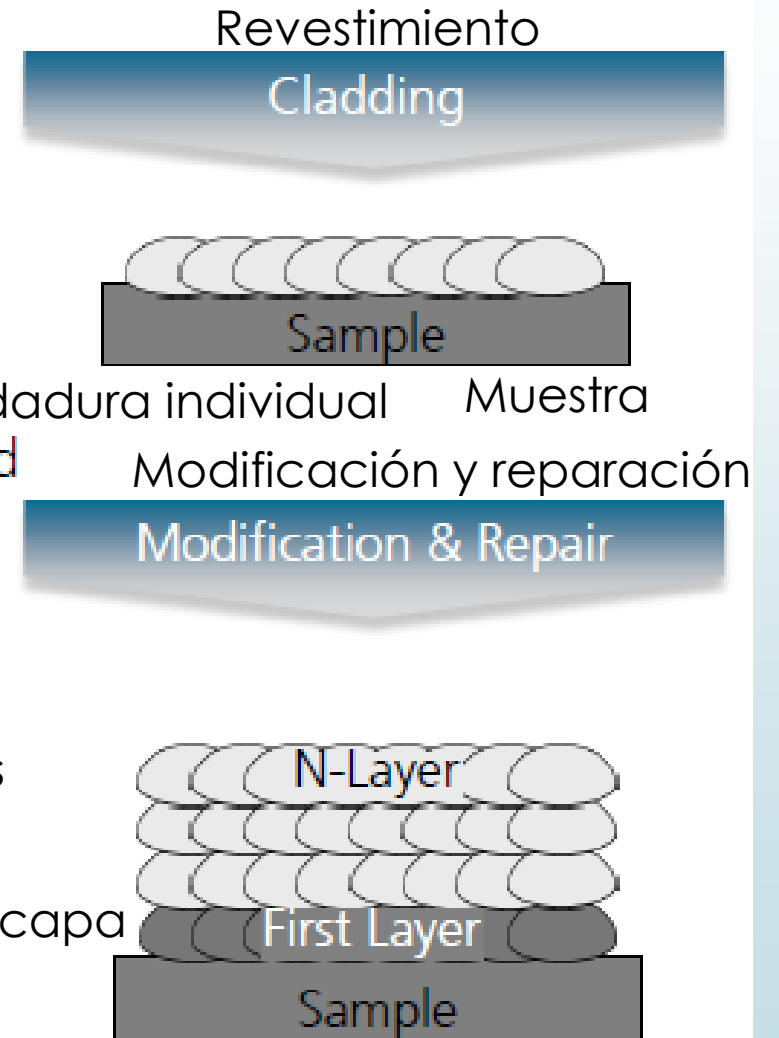
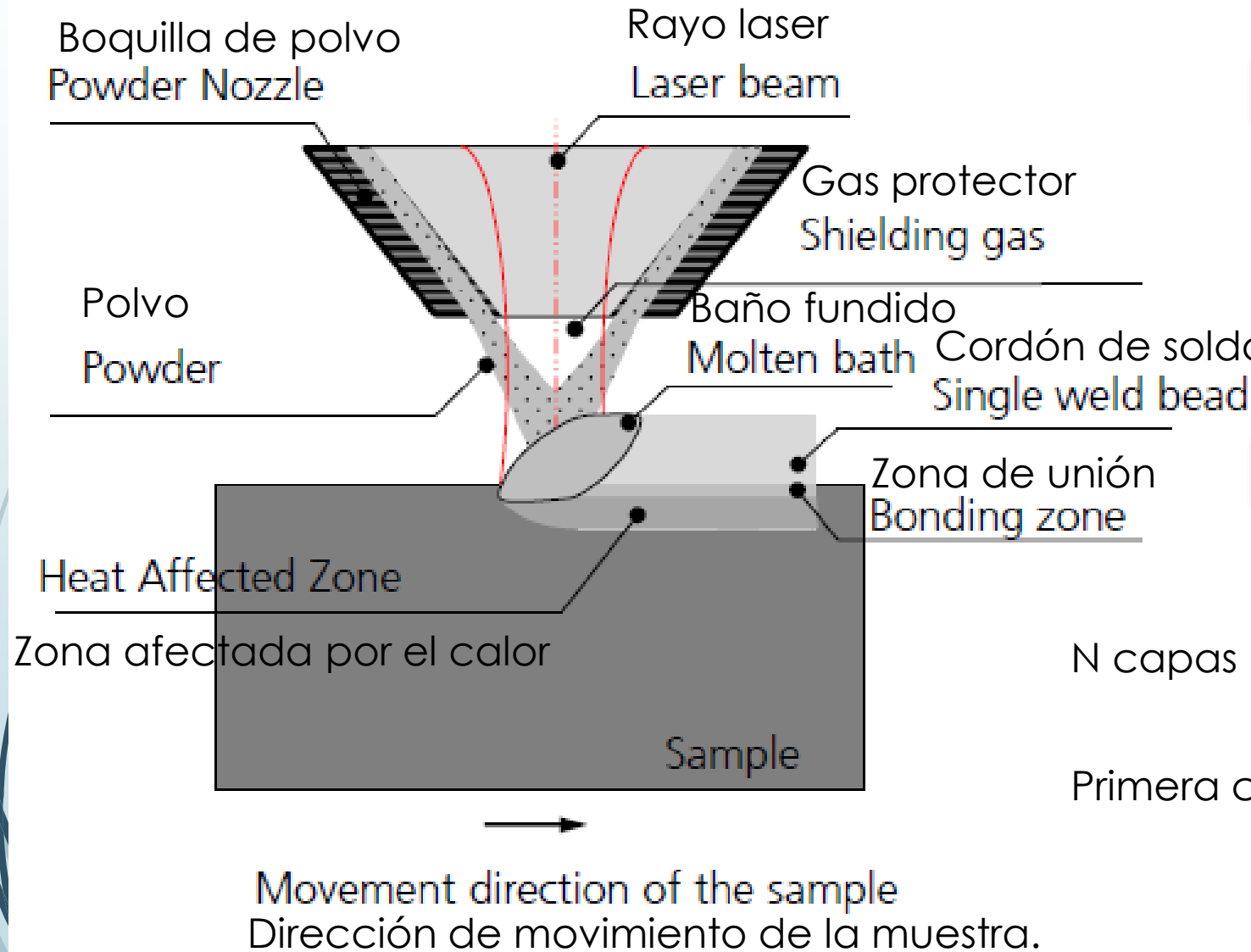


SOLDADURA DE RECARGUE POR LASER

Concept of Laser Cladding

Concepto de revestimiento láser

ENDURECIMIENTO DEL LÁSER Y CLADDING LÁSER DE CONTORNOS INTERNOS Y EXTERNOS.



Ventajas del revestimiento láser

- Fabricación y revestimiento de capas de alta precisión de forma casi neta a partir de 0,1 mm hasta muchos cm (revestimiento multicapa)
- Revestimiento, reparación y modificación de componentes (por ejemplo: protección contra el desgaste y protección contra la corrosión)
- Construye capas graduadas con propiedades adaptadas, diseñadas para productos con funciones especiales.
- Revestimiento de láser pulsado para estructuras finas y áreas y materiales de componentes sensibles a la temperatura.

Ventajas del revestimiento láser

- Contornos interiores y exteriores.
- Alto grado de libertad con respecto a la geometría del revestimiento.
- Propiedades de componentes ajustadas (por ejemplo: rigidez)
- Menos aporte de calor, dilución pequeña
- Menos distorsión
- La alta velocidad de enfriamiento conduce a una microestructura muy fina que conduce a muy buenas propiedades mecánicas.
- Gran variedad de materiales aditivos en polvo. Alto grado de automatización

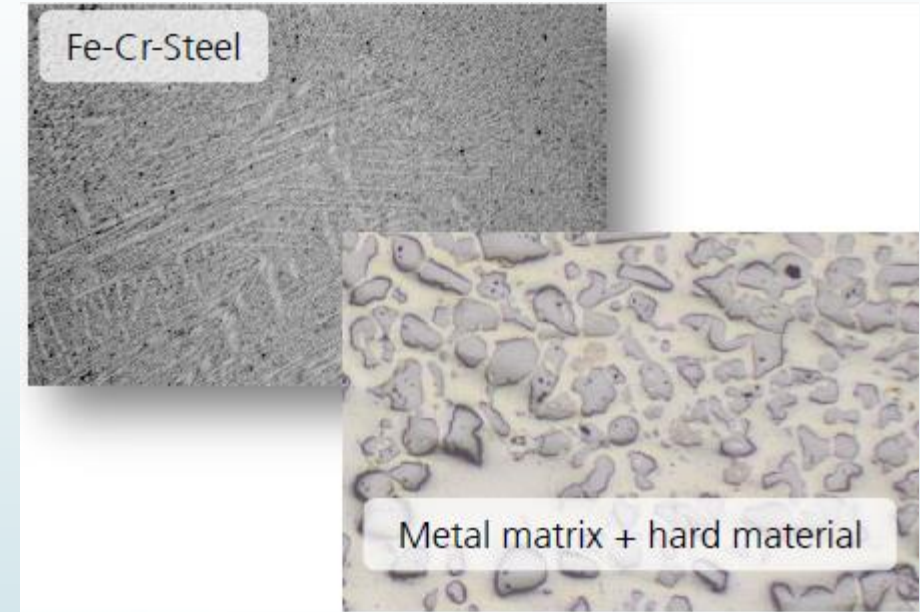
Materiales para revestimiento láser

Ejemplos de protección contra el desgaste y la corrosión.

- Aleación a base de cobalto y níquel
Dureza: 20-63 HRC
- aleación de base de hierro
Dureza: 40-70 HRC
- Combinación de matriz metálica y cerámica.
Dureza: 40- <70 HRC
- Funciones adaptadas a combinaciones de materiales

Ejemplo para MRO - Mantenimiento, reparación y revisión (y modificación)

- Aleación base de acero y aluminio
- Aleación base de titanio
- Aleación a base de níquel



Concepto de endurecimiento por láser y ventajas del proceso

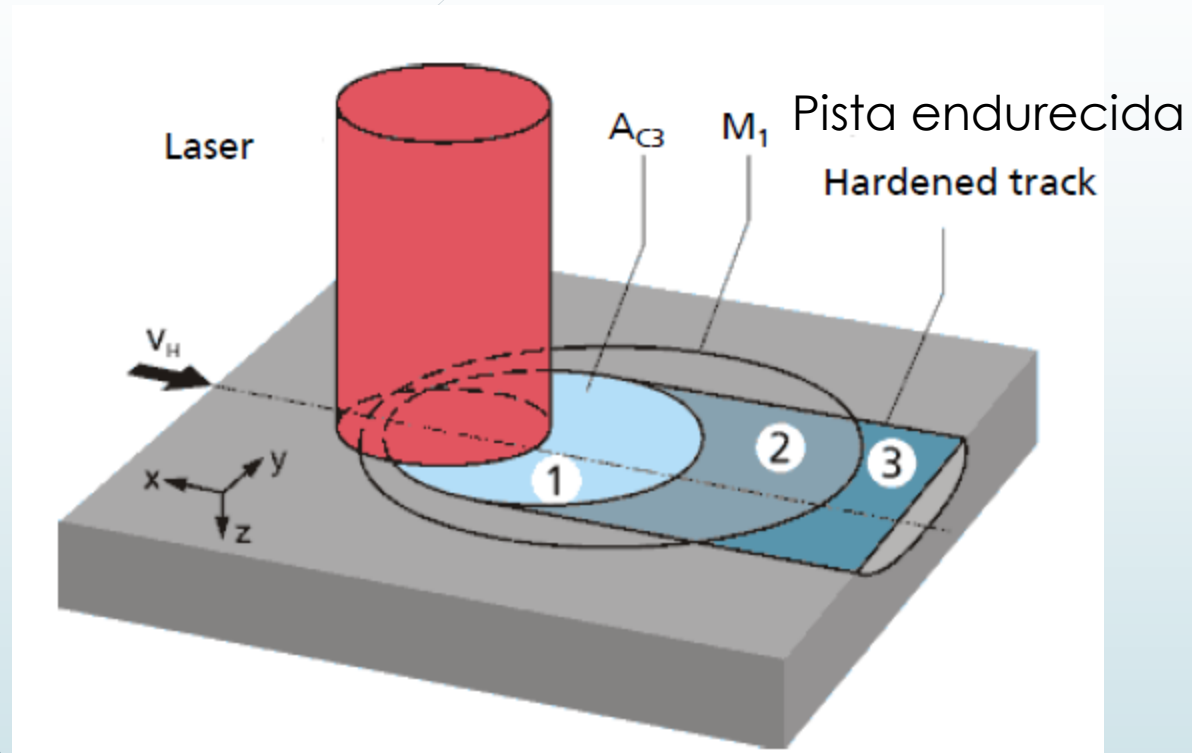
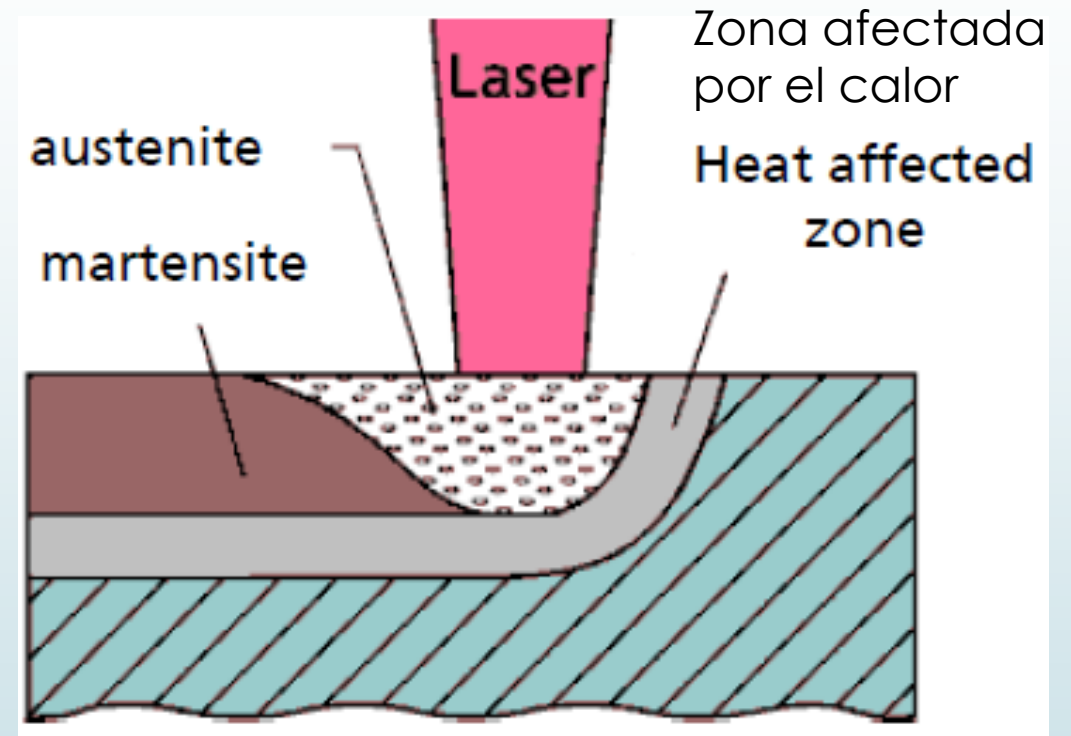


Figura de endurecimiento por láser:
Fuente Fraunhofer ILT



Ventajas

- Pequeña entrada de calor personalizada
- Baja distorsión
- Alto grado de automatización

Óptica de procesamiento interno

- Adaptable a todos los sistemas láser.
- Adaptación de la óptica láser a la aplicación específica:
 - Tamaño del haz
 - Forma del haz
 - Cantidad de salidas de flujo de polvo.
 - Profundidad de inserción
 - Diámetro interior a tratar
 - Fuente de láser



Resultados del estudio de viabilidad: revestimiento con láser

Equipos usados para revestimiento láser

- Óptica para un diámetro interno a partir de 50 mm y una profundidad de inserción de hasta 1,5 m.
- Diámetro del haz: aprox. 2,4 mm
- El gas protector para la protección de la piscina fundida y los componentes ópticos era argón.
- El gas portador para el material aditivo en polvo fue argón
- Material en polvo: Stellite 6

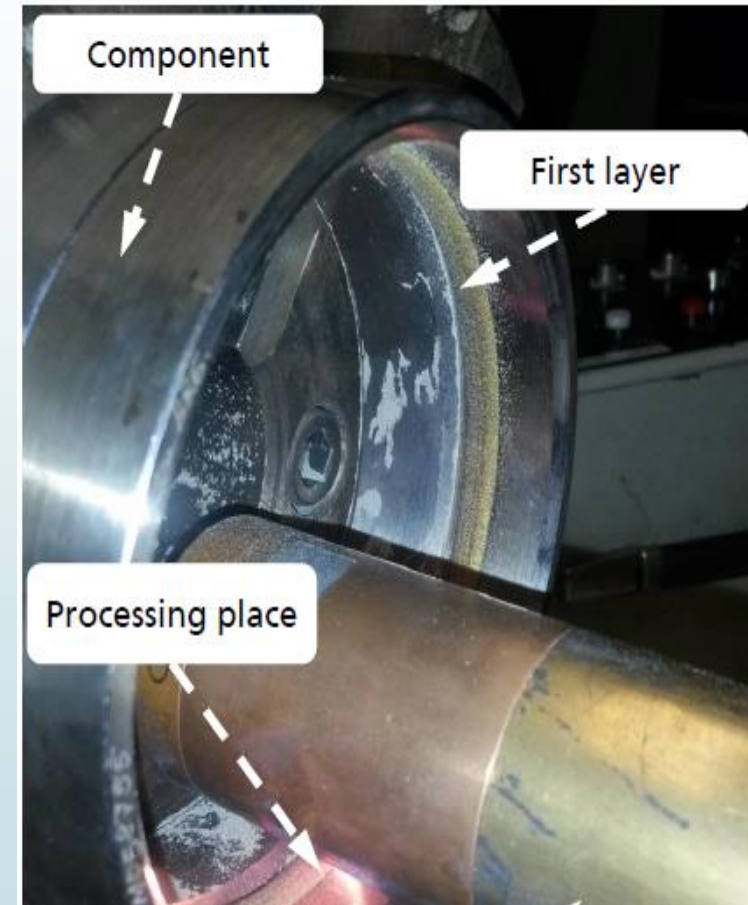
Parámetros de proceso usados

- Óptica para un diámetro interno a partir de 50 mm y una profundidad de inserción de hasta 1,5 m.
- Desplazamiento de vía: 1,2 mm
- Velocidad: 500 mm / min.
- Flujo másico de polvo: adaptado a un espesor de capa de aprox. 0,7-0,8 mm
- Potencia del láser: aprox. 1300 W en el componente

Resultados del estudio de viabilidad: revestimiento con láser de contornos interiores

Resultados:

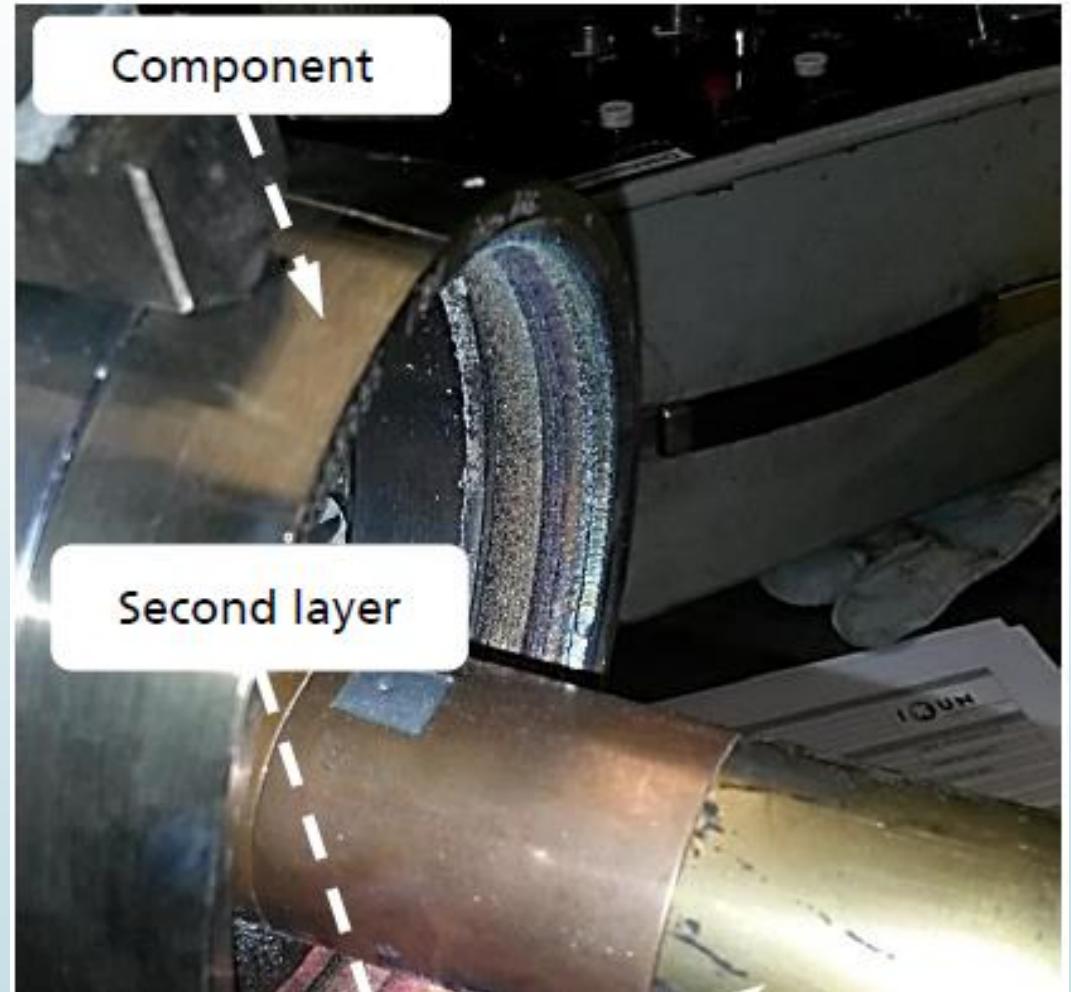
- La inspección visual de la primera capa mostró muy buenos resultados.
- Proceso de revestimiento limpio y silencioso
- El espesor de la capa de la primera capa es de aprox. 0.8 mm
- La rugosidad y el color de la primera capa mostraron resultados óptimos.
- El proceso es factible con la combinación de la base y Stellite 6
- Como no existe la posibilidad de ejecutar un análisis metalográfico, solo es posible evaluar los resultados visualmente
- Desde nuestra experiencia podemos decir que los resultados son muy positivos.



Resultados del estudio de viabilidad: revestimiento con láser de contornos interiores

Resultados:

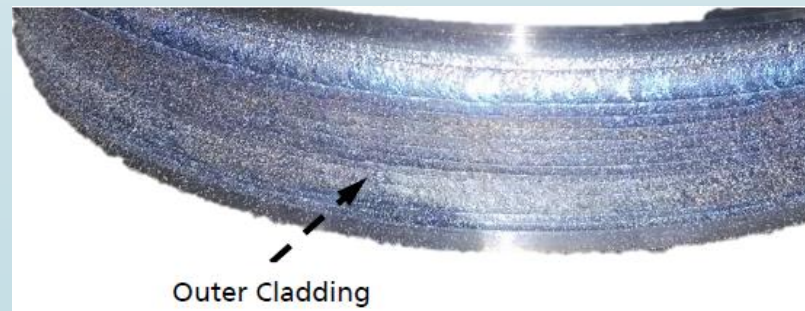
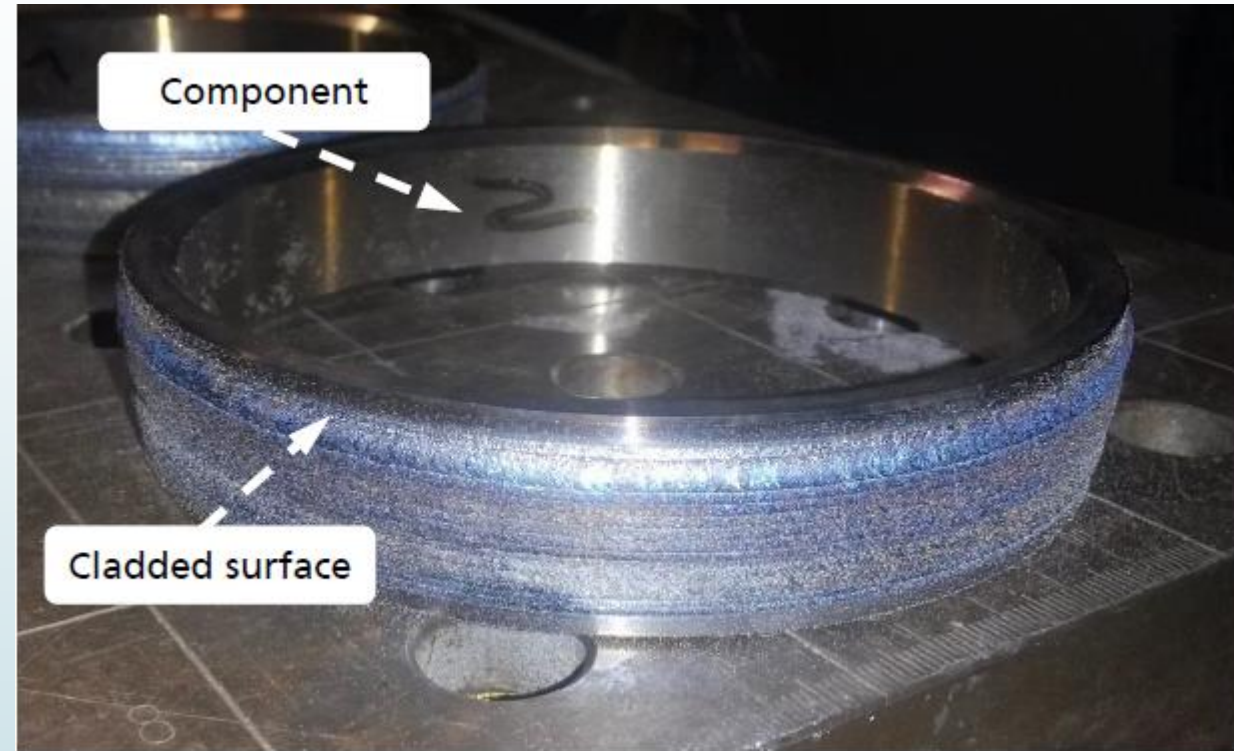
- La inspección visual de la segunda capa también mostró muy buenos resultados.
- Debido a una mayor entrada de calor y al pequeño volumen del componente, la oxidación es más pronunciada
- Pero esto es típico para el material Stellite 6
- Después de dos capas, un grosor de mín. 1.5 mm se logra
- Desde nuestra experiencia podemos decir que los resultados son muy positivos.
- Stellite 6 es procesable en la muestra base.



Resultados del estudio de viabilidad: revestimiento con láser de contornos exteriores

Resultados:

- Se obtienen los mismos resultados en los contornos exteriores del componente.
- Desde nuestra experiencia podemos decir que los resultados son muy positivos.
- Stellite 6 es procesable en la muestra base también es adecuado.



Resumen: revestimiento láser

- La inspección visual del proceso de revestimiento muestra buenos resultados.
- El proceso de revestimiento no ha mostrado ninguna adaptación necesaria de nuestra óptica para alcanzar los resultados deseados.
- Para garantizar que todas las capas revestidas sean lo suficientemente altas y libres de poros, grietas y defectos de unión, **es necesario ejecutar un análisis metalográfico.**

En resumen, se puede enfatizar que:

- La óptica está calificada para el proceso de revestimiento
- Los materiales utilizados no mostraron ninguna dificultad.
- Con un diseño óptico adaptado (diámetro del haz y boquilla de polvo) es posible obtener resultados óptimos para la aplicación
- Con una prueba metalográfica es posible lograr resultados mucho mejores que los obtenidos ahora.

El análisis de los resultados obtenidos lleva a la conclusión de que la aplicación se puede evaluar en general positiva.

ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL AISI 420

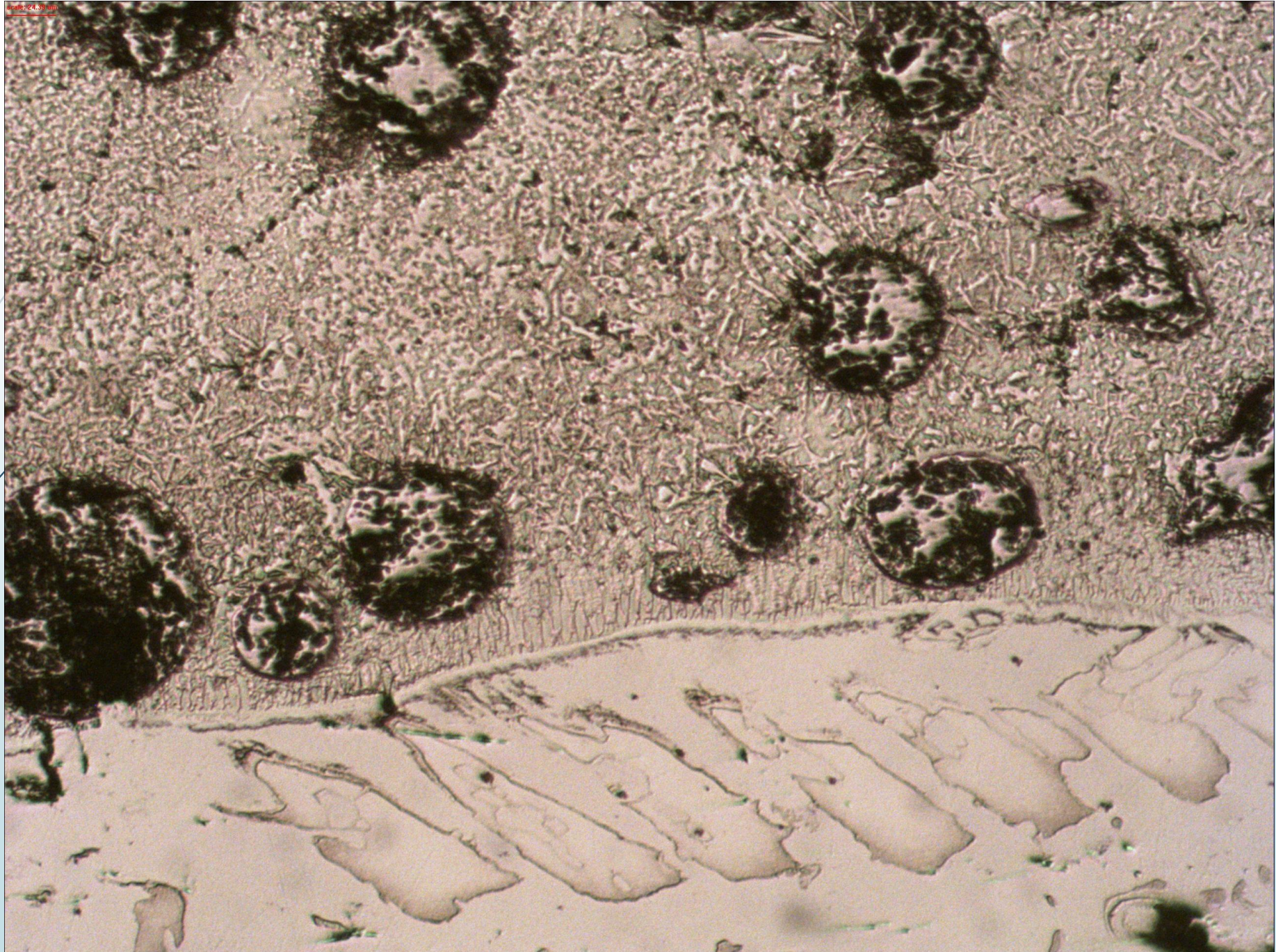


RECARGUE DURO - MACROGRAFÍA



Scale: 24.39 μ m

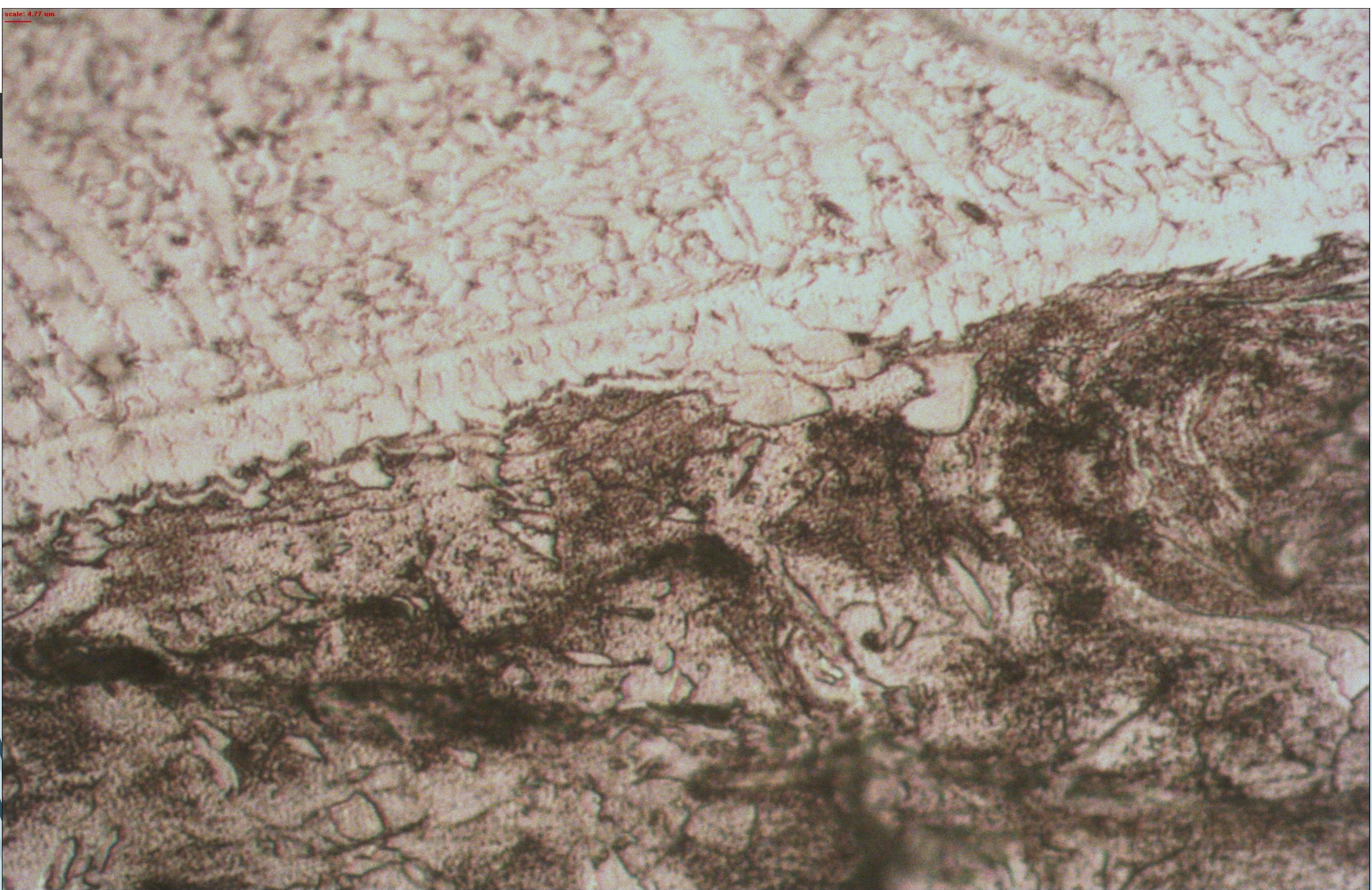




scale: 11.47 um




scale: 4.77 um



TEST RESULTS

No.	HV	L 1	L 2	MPa
1	520	59.73	59.73	1788
2	538	58.72	58.72	1858
3	457	63.66	63.66	1526
4	688	51.92	51.92	-----
5	623	54.54	54.54	-----
6	691	51.81	51.81	-----
7	753	49.60	49.60	-----



ENSAYOS APLICADOS EN SOLDADURA

Ensayos mecánicos y END a cordones de soldaduras

- ▶ Se realizan para determinar las características mecánicas de los metales, principalmente su resistencia y capacidad de deformarse sin romperse.
- ▶ En general se llevan a cabo en laboratorios mediante sollicitaciones simples y los datos obtenidos, se utilizan en procesos más complejos en base a los conceptos que brinda la mecánica del continuo.
- ▶ Cuando se ejecutan en frío (por debajo de la temperatura de recristalización), no importa demasiado la velocidad de aplicación de la carga, la que sí tiene importancia en cambio cuando el ensayo o el proceso se efectúa en caliente (por encima de la temperatura de recristalización)

Ensayo de tracción

- ▶ Se aplica una fuerza de tracción sobre el material que se ensaya, generalmente barra, chapa o tubo.
- ▶ Por el efecto de esa fuerza, el material ensayado se alarga y disminuye su sección transversal.
- ▶ Este ensayo se aplica tanto al material base (ya mencionado), material de aporte (AWS) y a un cupón ya realizado, el cual consiste en el material base soldado con el aporte correspondiente.

Ensayos mecánicos y END a cordones de soldaduras

Ensayo de flexion.

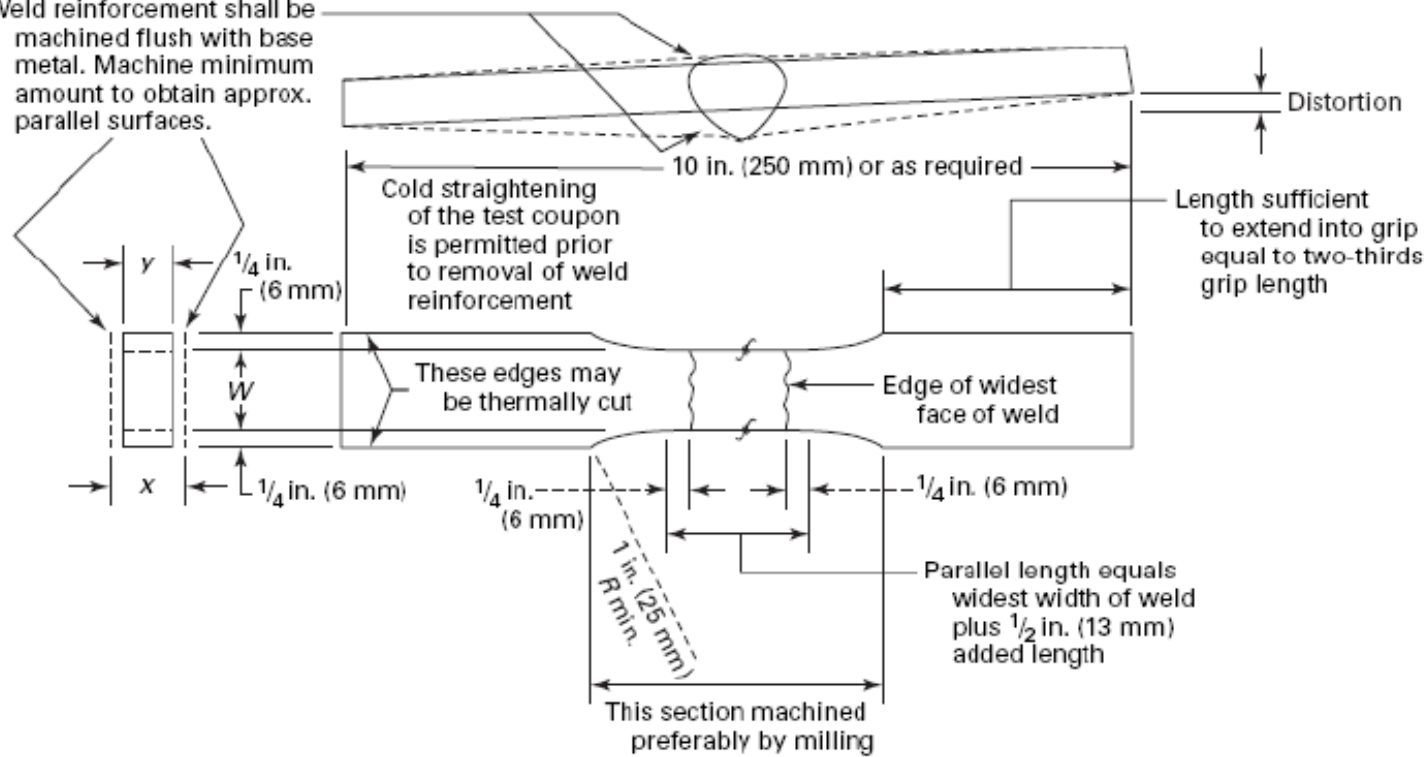
- Consiste en aplicar una carga central en mordazas cilíndricas especiales, se le aplica la carga central en la zona del cordón de la soldadura hasta que la pieza quede en forma de "U".
- Luego se inspecciona la parte traccionada si aparecen fisuras o defectos en la soldadura.
- La aceptación de la soldadura depende de la aparición de fisuras, su tamaño y características.

Ensayos de dureza

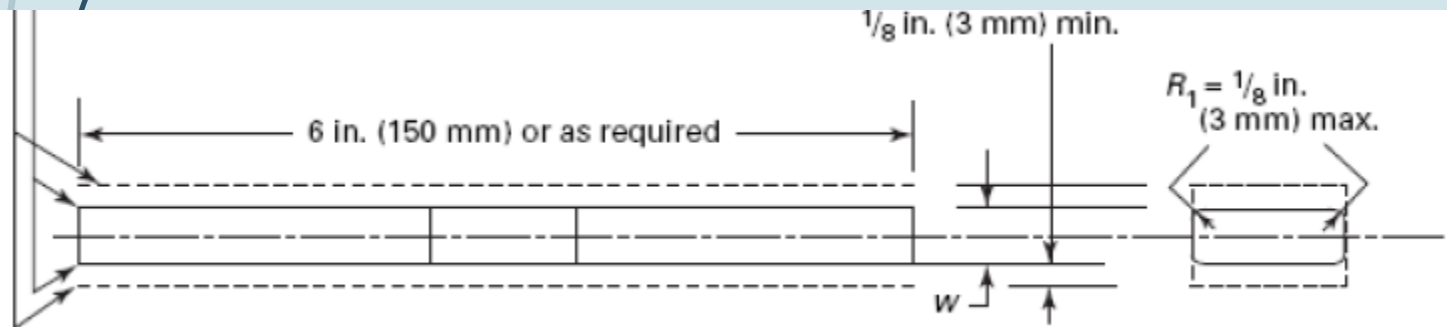
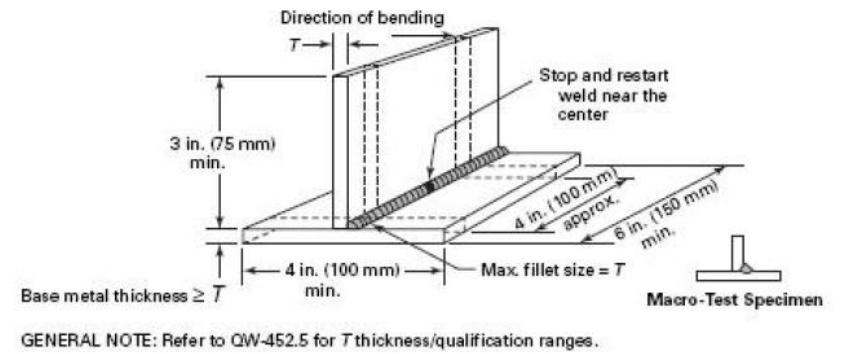
- Existen diferentes acepciones de la dureza..
- Se usan diferentes ensayos que tienen en común el hecho de medir la dureza como resistencia a la penetración.
- Tiene mayor presencia en los requerimientos de dureza la escala VICKERS (HV) y también DUREZA ROCKWELL (HRC) – DUREZA BRINELL (HB).

QW-462.1(a) TENSION — REDUCED SECTION — PLATE

Weld reinforcement shall be machined flush with base metal. Machine minimum amount to obtain approx. parallel surfaces.



QW-462.4(b) FILLET WELDS IN PLATE — PERFORMANCE



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Técnicas para localizar defectos

- Examen visual
- Tintas Penetrantes
- Partículas Magnéticas
- Radiografía
 - » Rayos X
 - » Rayos (gamma)
- Ultrasonido

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Tintas Penetrantes

Es un método para detectar discontinuidades abiertas a la superficie.

Las discontinuidades superficiales tales como grietas, costuras, traslapes, laminaciones, o falta de adhesión son indicadas por estos métodos. Son aplicables a la inspección en proceso, final y de mantenimiento.

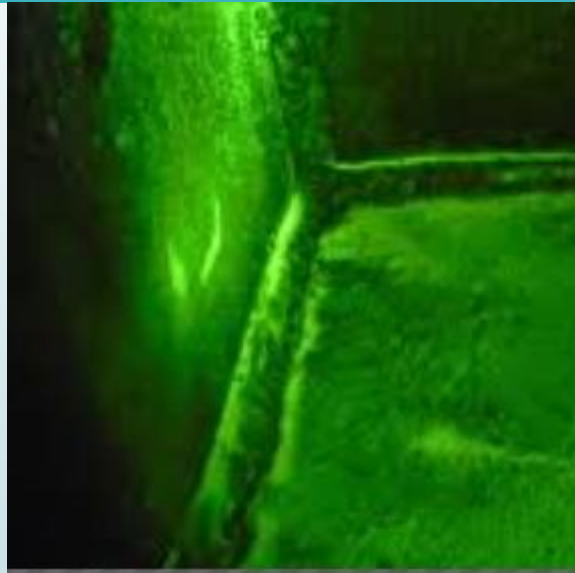
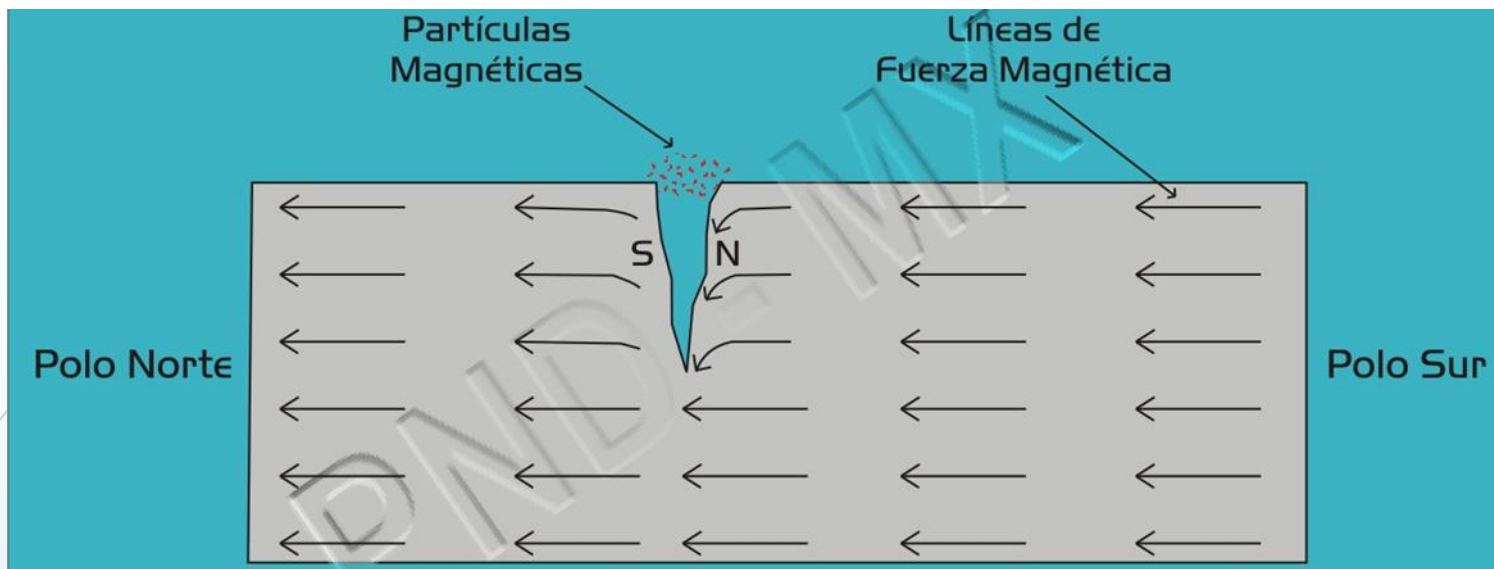
Los líquidos usados ingresan por pequeñas aberturas, tales como fisuras o porosidades, **por acción capilar**. La velocidad y la extensión de esta acción dependen de propiedades tales como **tensión superficial, la cohesión, la adhesión y la viscosidad**.



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Partículas Magnéticas

- El método de partículas magnéticas se basa en que toda partícula ferrosa susceptible de ser magnetizada al entrar en contacto con un imán se orienta de acuerdo con su respectiva polaridad y sigue las líneas de fuerza del campo magnético.
- Dichas líneas se interrumpen tan pronto como en el cuerpo principal se presenta alguna discontinuidad en forma de grieta. Tanto sea superficial o subsuperficial, en sus inmediaciones, se producirá una acumulación de partículas.



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Ultrasonido

Principio: Aire :Ultrasonido

- Ondas ultrasónicas a través de materiales sólidos.
- Diferencia en las velocidades de propagación s/ el medio

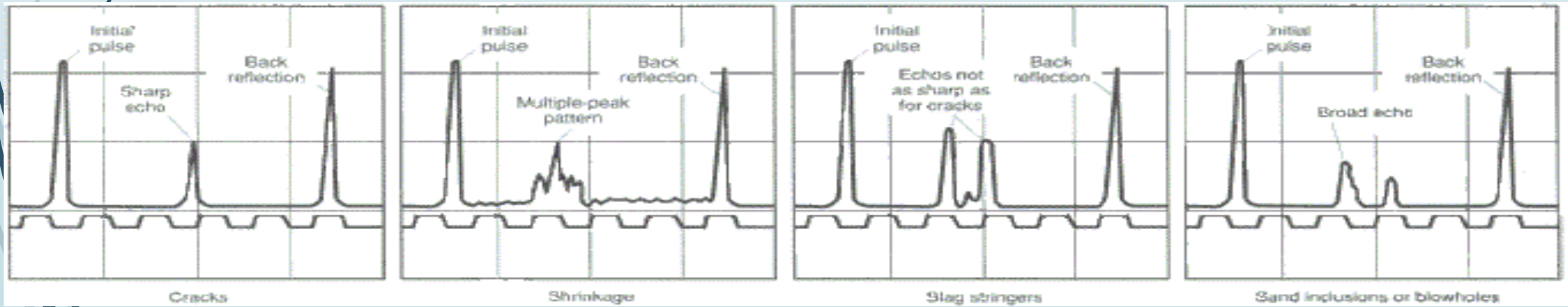
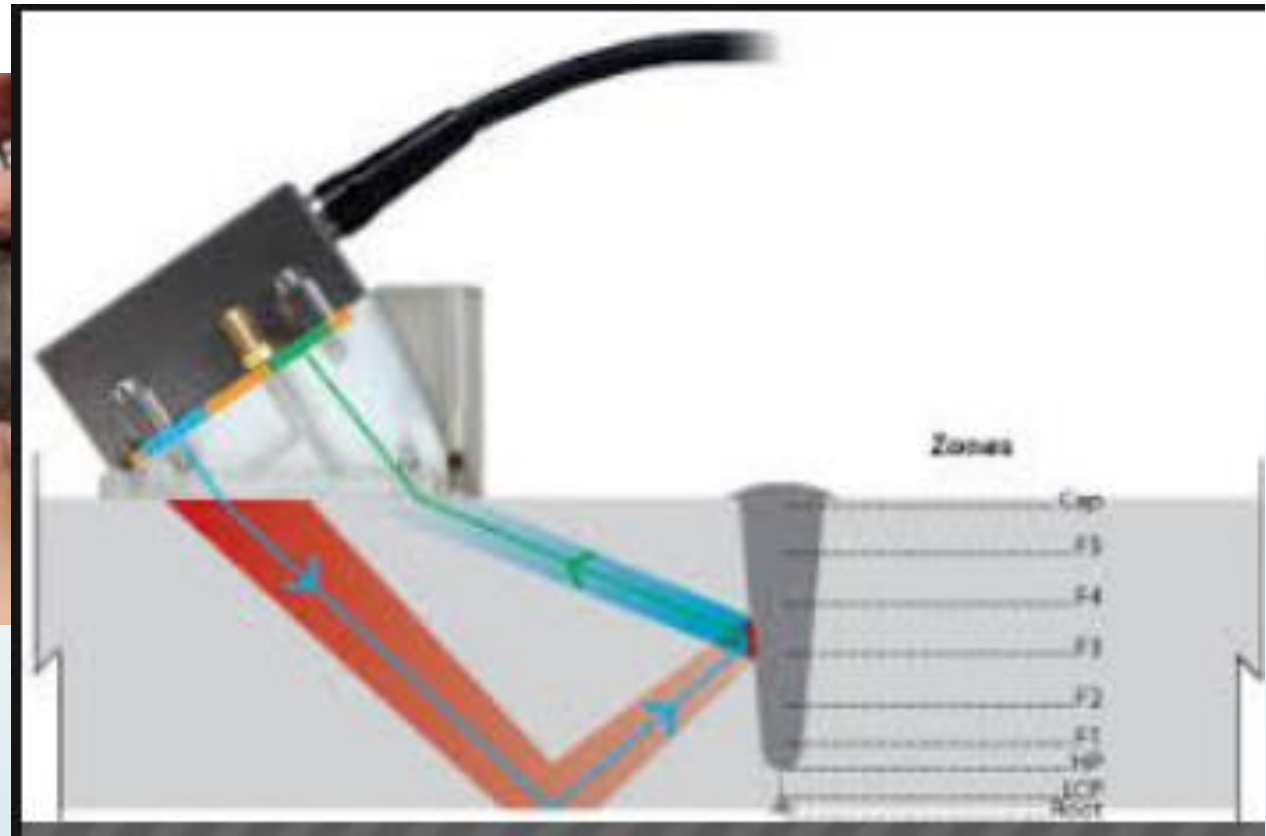
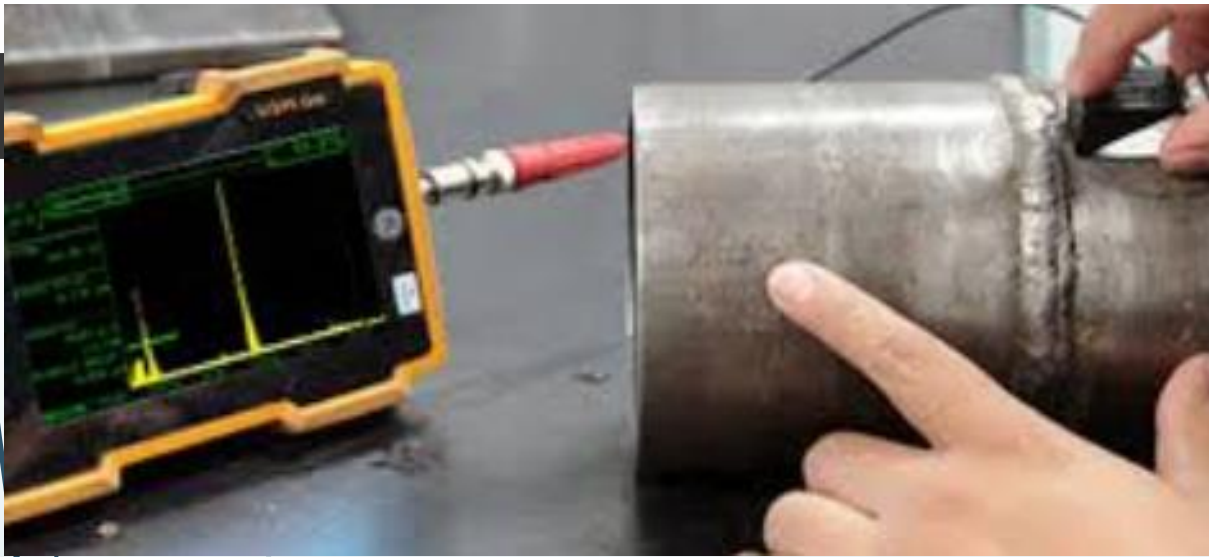
Los ultrasonidos se emplean en los ensayos no destructivos para detectar discontinuidades tanto en la superficie como en el interior de los materiales.

Los ultrasonidos son una forma de energía vibrante.

10 a 20.000 Hz ondas sonoras

> 20.000 Hz ultrasonidos

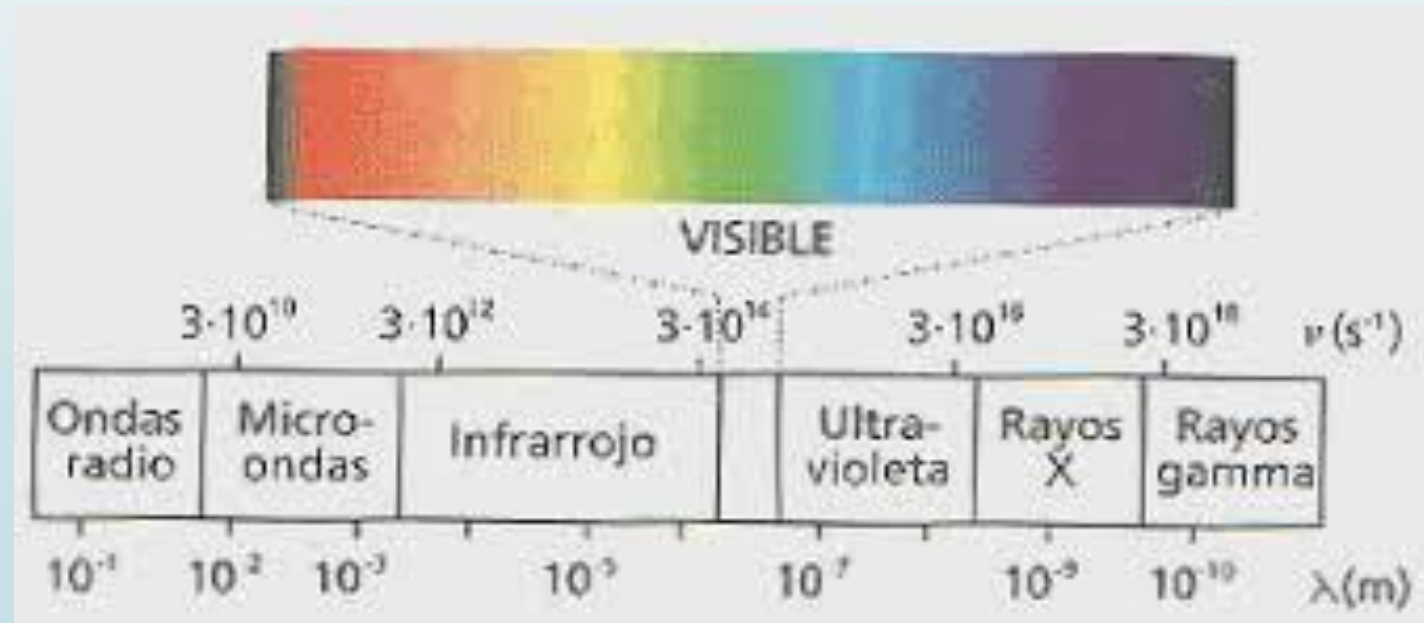
~ 340 m/s – Acero ~ 5900 m/s – Aluminio ~ 6300 m/s



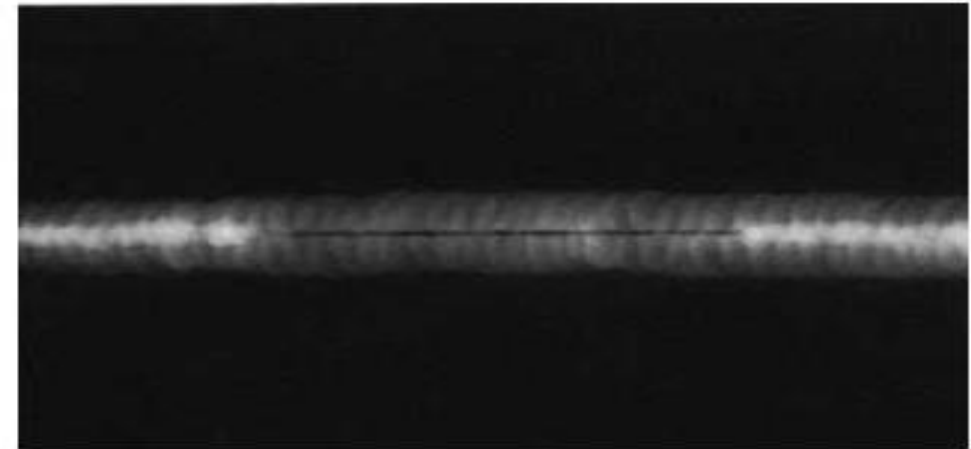
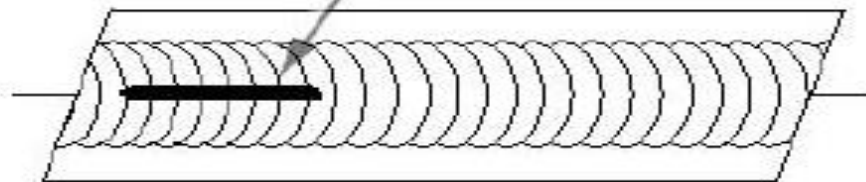
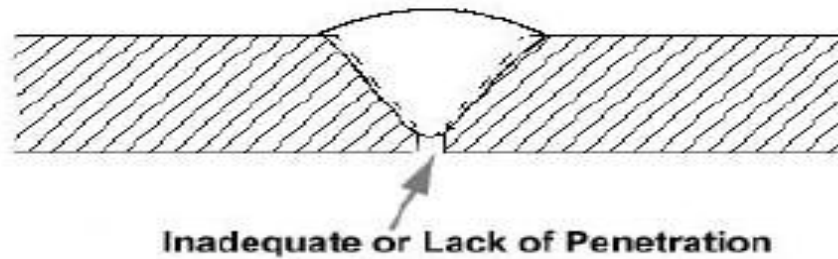
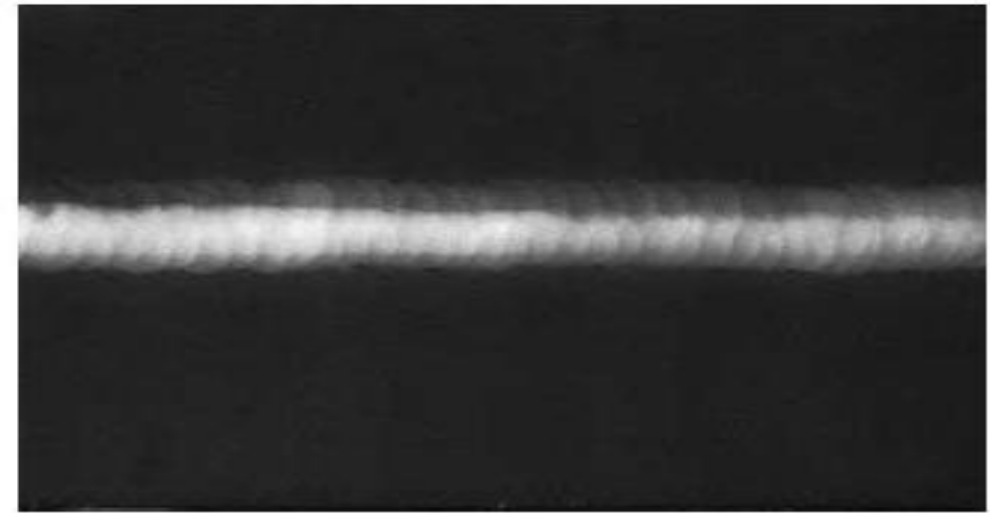
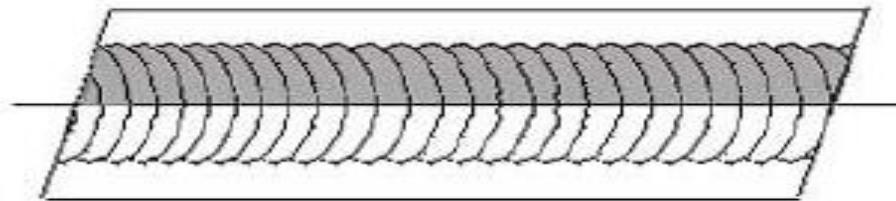
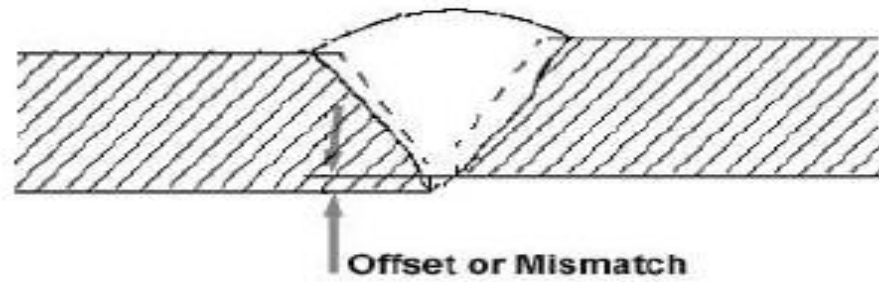
Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial

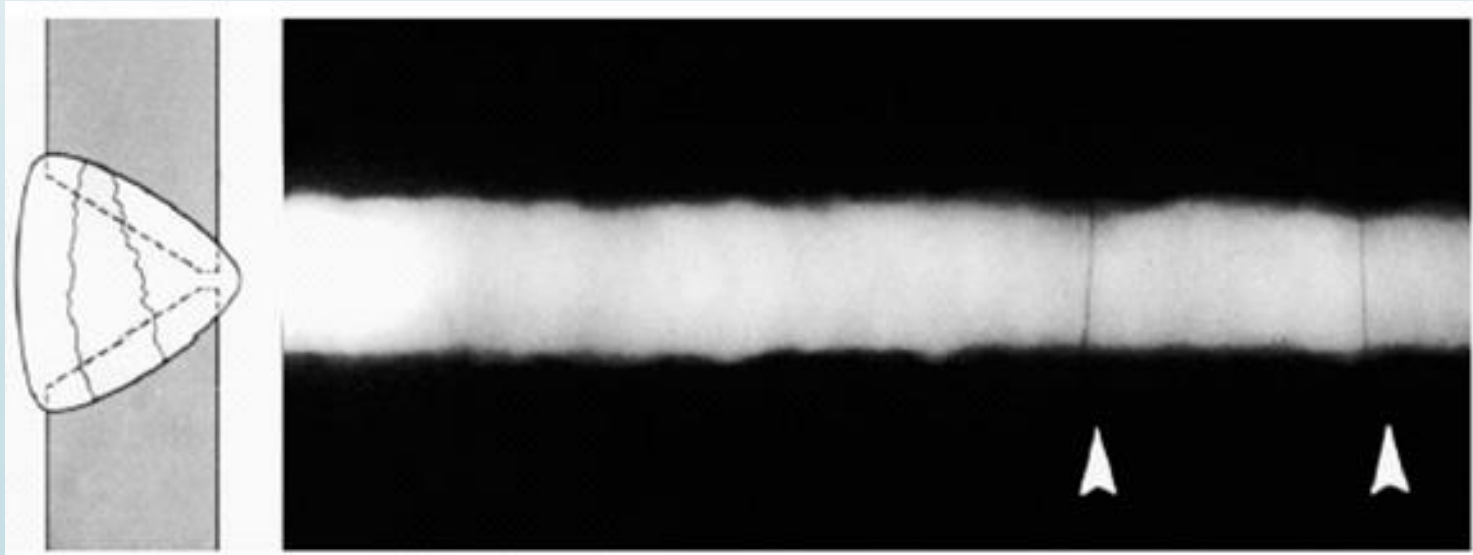
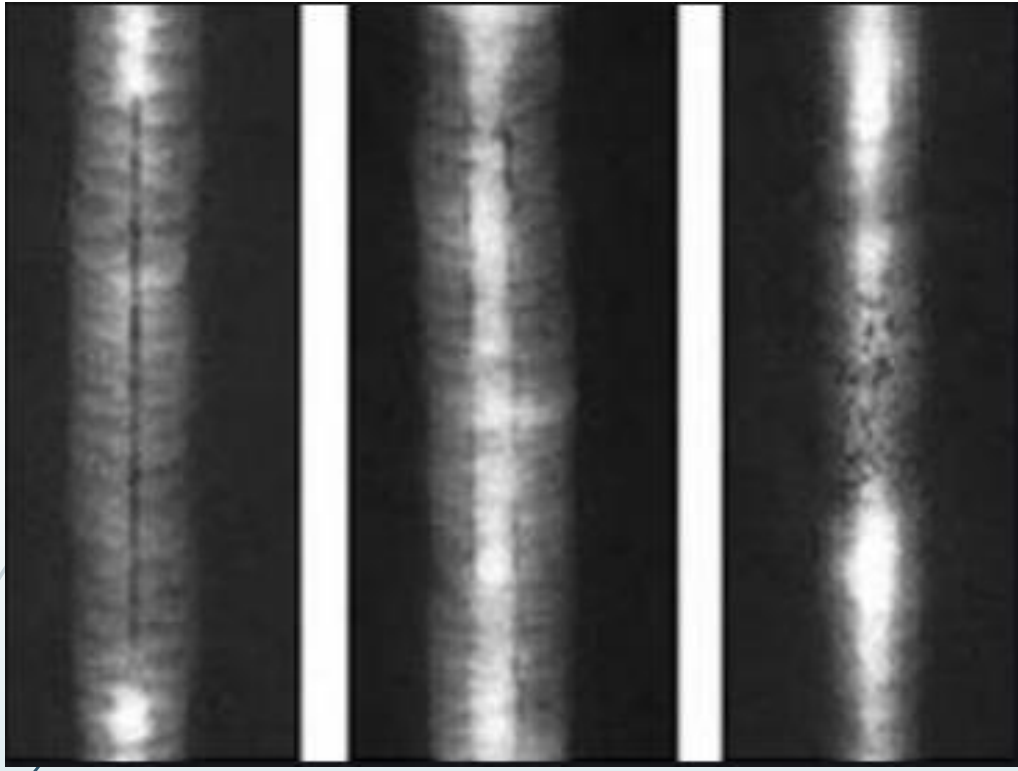
- Transparencia de los metales a las ondas electromagnéticas
- Uso de película sensible, para registro de imagen.



Ensayos No Destructivos



Ventajas: uso independiente de la rugosidad de la sup. /Limitación : 1 a 2 % del espesor normal a la radiación



Transverse crack
Feathery, twisting lines of darker density running across the
width of the vessel image.

TABLA 341.3.2

CRITERIO DE ACEPTACION PARA LAS SOLDADURAS Y METODOS DE EXAMEN PARA LA EVALUACION DE IMPERFECCIONES DE LA SOLDADURA

Criterios (A hasta M) para los Tipos de Soldadura y las Condiciones de Servicio [Nota (1)]

Métodos de Examen

Fluido de Servicio Normal y Categoría M

Condiciones Cíclicas Severas

Fluido de Servicio Categoría D

Circunferencial, Ramura, Codos Seccionados & Conexiones Ramales [Nota (4)]	Longitudinales Ramura [Nota (2)]	Filete [Nota (3)]		Circunferencial, Ramura, Codos Seccionados & Conexiones Ramales [Nota (4)]	Longitudinales Ramura [Nota (2)]	Filete [Nota (3)]		Circunferencial, Codos Seccionados	Longitudinales Ramura [Nota (2)]	Filete [Nota (3)]	Conexiones Ramales [Nota (4)]		Imperfección de Soldadura	Visual	Radiografía	Partículas Magnéticas	Líquidos Penetrantes	
A	A	A	...	A	A	A	...	A	A	A	A	...	Grieta	✓	✓	...	✓	✓
A	A	A	...	A	A	A	...	C	A	N/A	A	...	Falta de Fusión	✓	✓	...	...	...
B	A	N/A	...	A	A	N/A	...	C	A	N/A	B	...	Incompleta penetración	✓	✓	...	...	...
E	E	N/A	...	D	D	N/A	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	Porosidad Interna	...	✓	...	...	...
G	G	N/A	...	F	F	N/A	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	Inclusión de escoria, inclusión de tungsteno, o indicaciones alargadas	...	✓	...	...	...
H	A	H	...	A	A	A	...	I	A	H	H	...	Trozamiento (socavado)	...	✓	...	...	...
A	A	A	...	A	A	A	...	A	A	A	A	...	Porosidad superficial o inclusión de escoria expuesta [Nota (6)]	✓	...	...	...	...
N/A	N/A	N/A	...	J	J	J	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	Acabado superficial	✓	...	...	...	...
K	K	N/A	...	K	K	N/A	...	K	K	N/A	K	...	Concavidad en la raíz (chupado)	✓	✓	...	...	...
A	A	A	...	A	A	A	...	A	A	A	A	...	Grieta	✓	✓	...	✓	✓
L	L	L	...	L	L	L	...	M	M	M	M	...	Refuerzo de la soldadura o protuberancia interna	✓	...	...	...	...

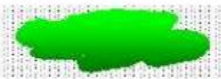
SEGURIDAD EN LA SOLDADURA



Daño ocular



Quemaduras



Riesgos respiratorios



Incendio y explosión



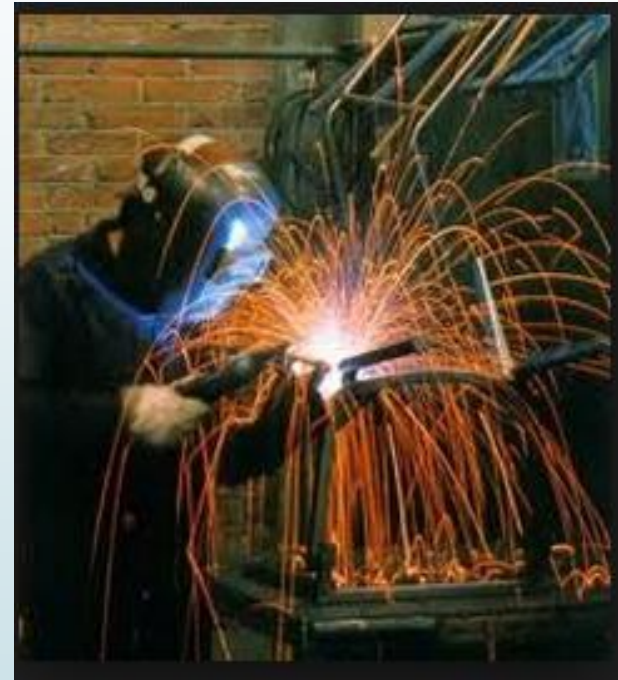
Shock eléctrico

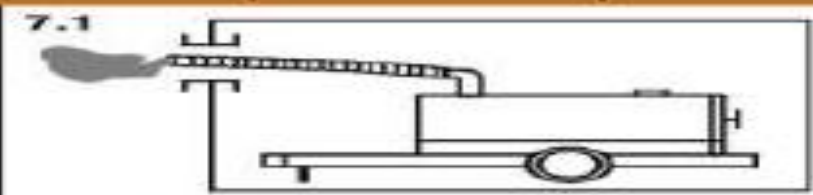
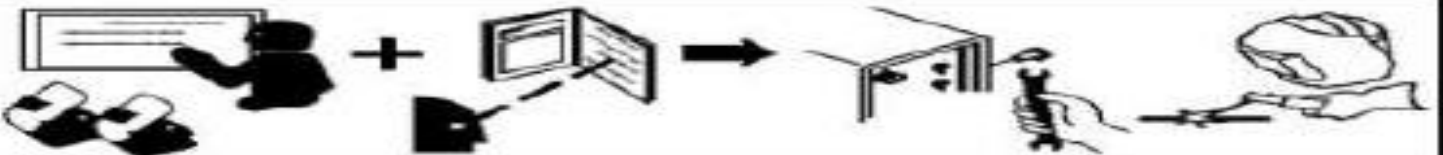


Ruido



Ergonomía





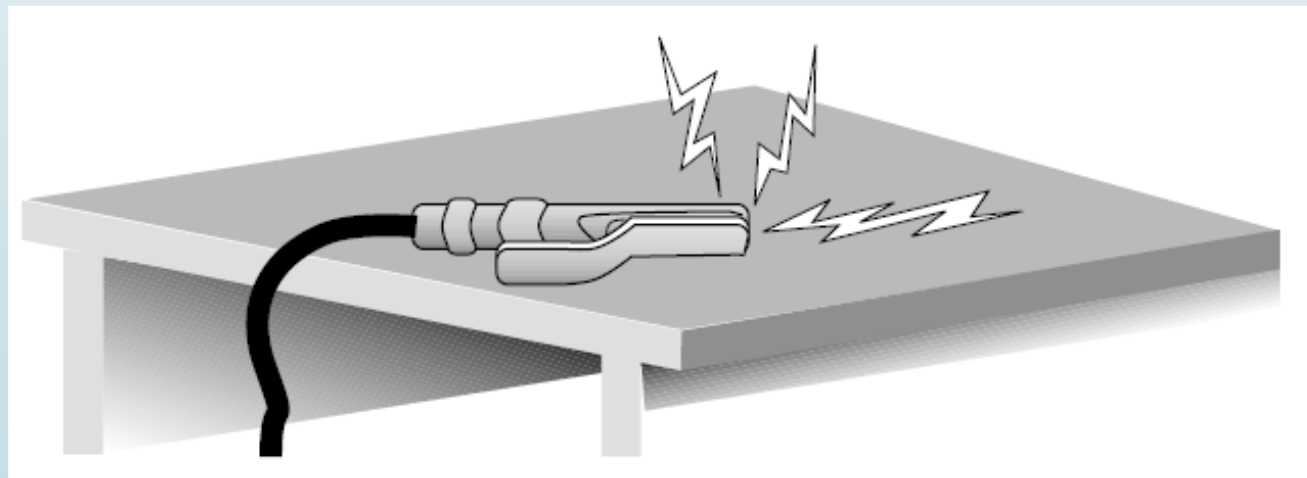
SEGURIDAD EN EL TALLER

Trabajar y moverse en un Taller de Soldadura representa muchos peligros tales como:

- ▶ **calor**
- ▶ **chispas**
- ▶ **Humos y vapores**
- ▶ **radiación**
- ▶ **maquinaria peligrosa**
- ▶ **descarga eléctrica**
- ▶ **Ruidos**

SEGURIDAD EN EL TALLER

- ▶ 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.



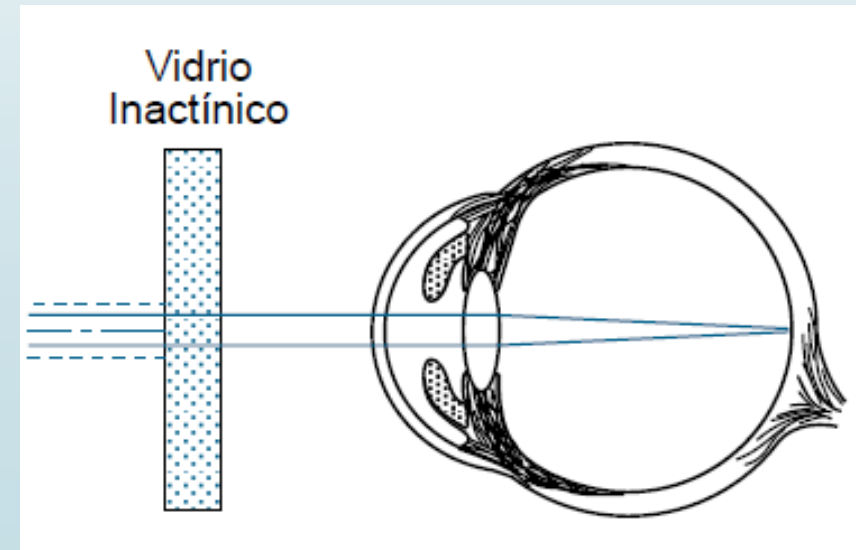
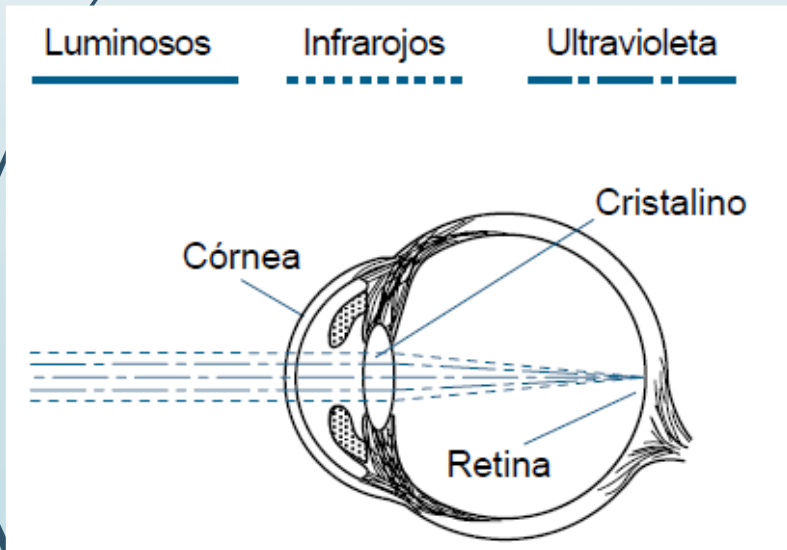
RIESGO DE INCENDIO

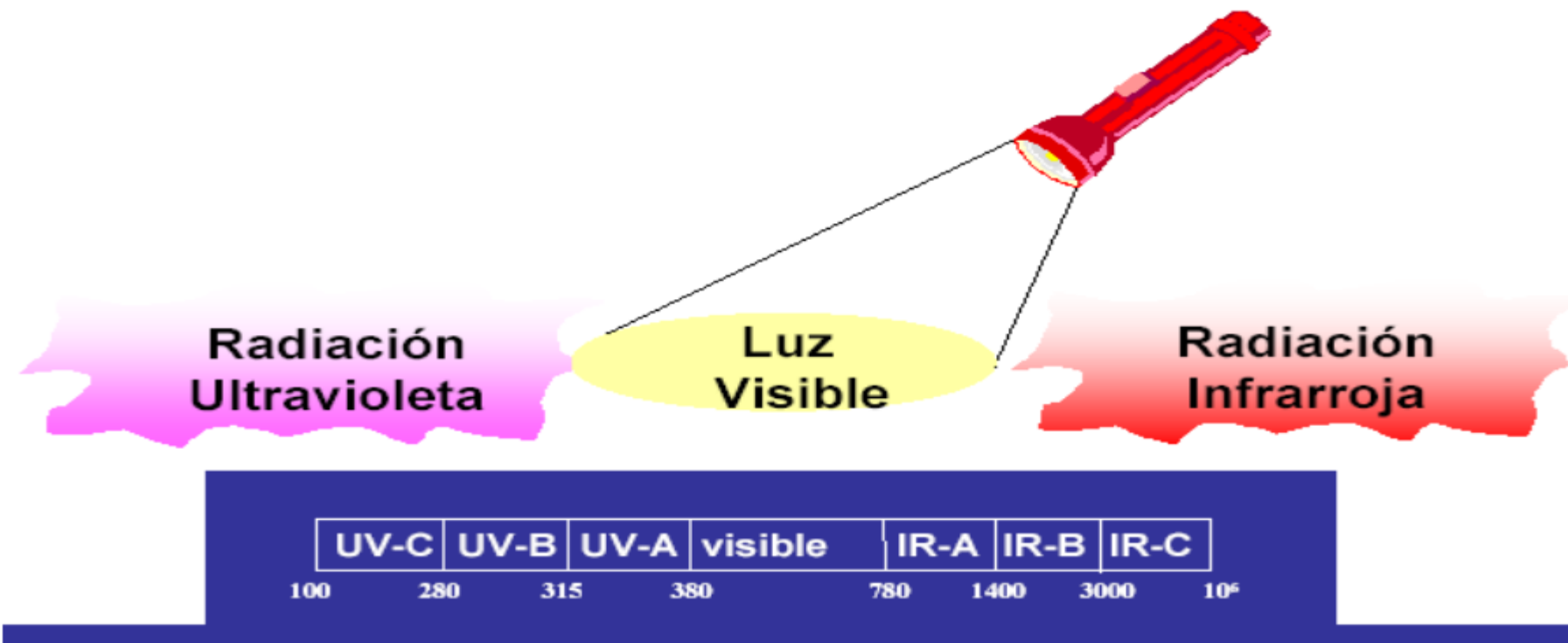
- ▶ Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles.
- ▶ Cuando el área de soldadura contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.
- ▶ Nunca soldar en la vecindad de materiales inflamables o de combustibles no protegidos.



VISTA

- ▶ 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 ultravioletas e infrarrojos.
- ▶ 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 de **vidrio inactínico**.



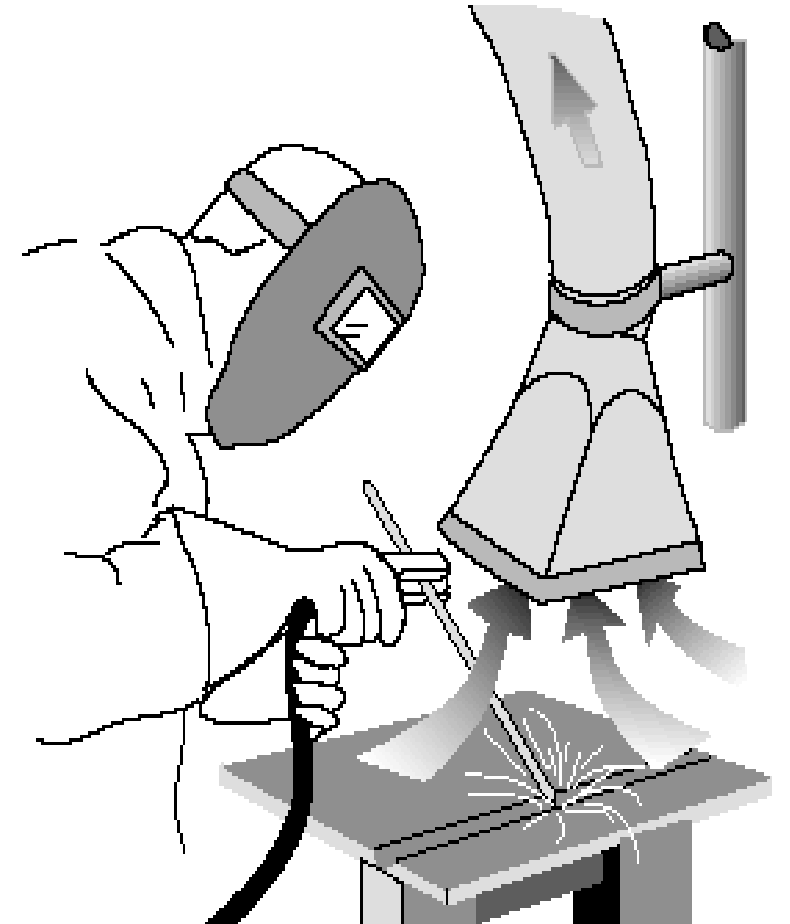


UV (200-315 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Querato-conjuntivitis ■ Eritemas ■ Riesgo de aparición de cataratas
UV próximo (315-400 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo de aparición de cataratas ■ Conjuntivitis
Visible (400-700 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lesiones en la retina
Visible e IR próximo (400-1400 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Quemaduras en la retina
IR próximo (770-1400 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aparición de cataratas
IR próximo y medio (700-3000 nm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Quemaduras en la córnea

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

Ventilación



Partículas y Humos: Origen



■ MATERIAL BASE

Acero al carbono

Manganeso y óxidos de hierro y titanio

Acero inoxidable

Cromo y níquel, etc.

Aluminio/aleaciones

Aluminio, cobre, etc.

Latón (Cu, Zn) y bronce (Cu, Sn) Óxido de zinc, estaño y cobre

■ RECUBRIMIENTO DEL METAL SOLDADO

Galvanizado

Oxido de zinc

Cromado

Cromo

Niquelado

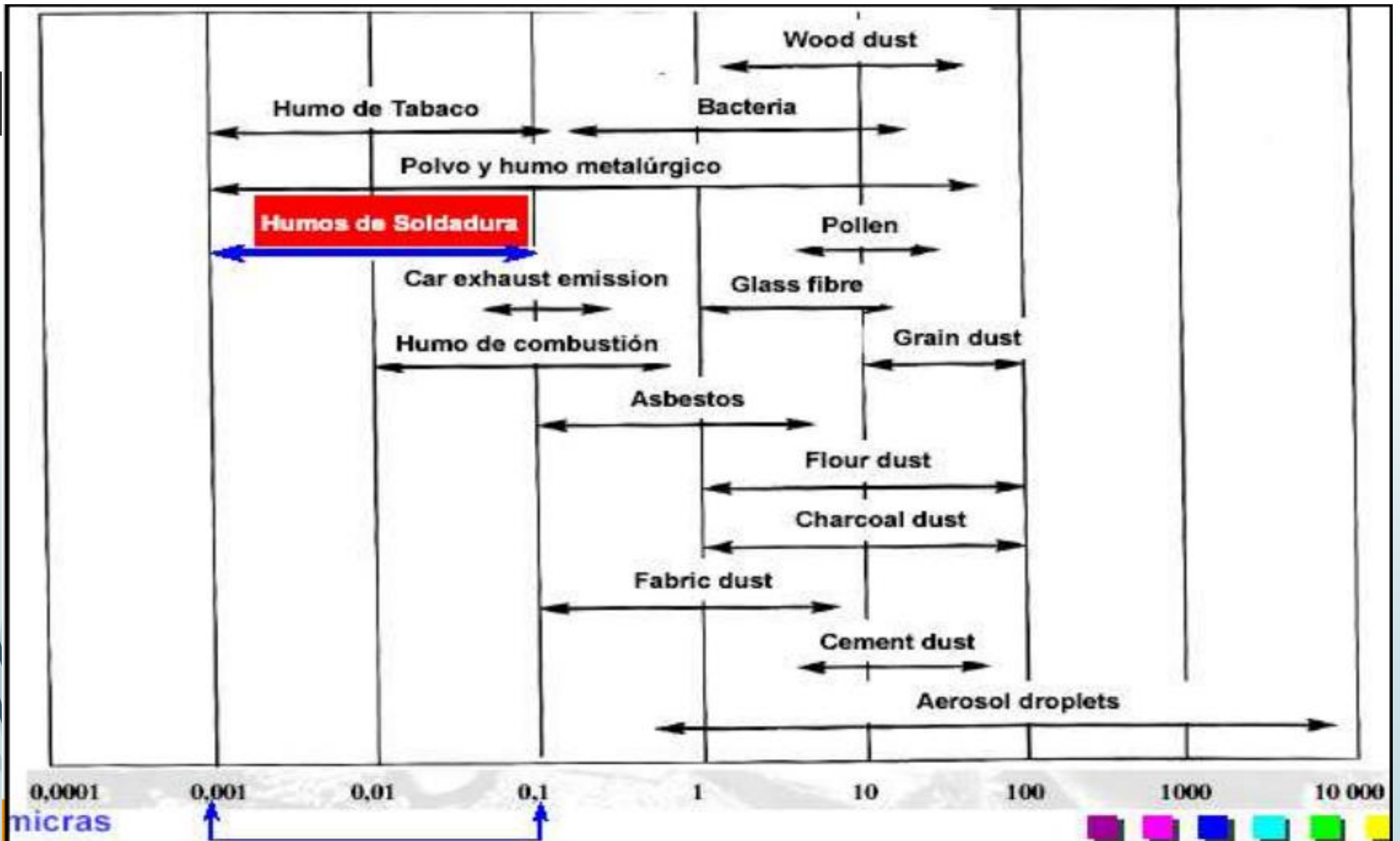
Níquel

Pintado con minio

Plomo

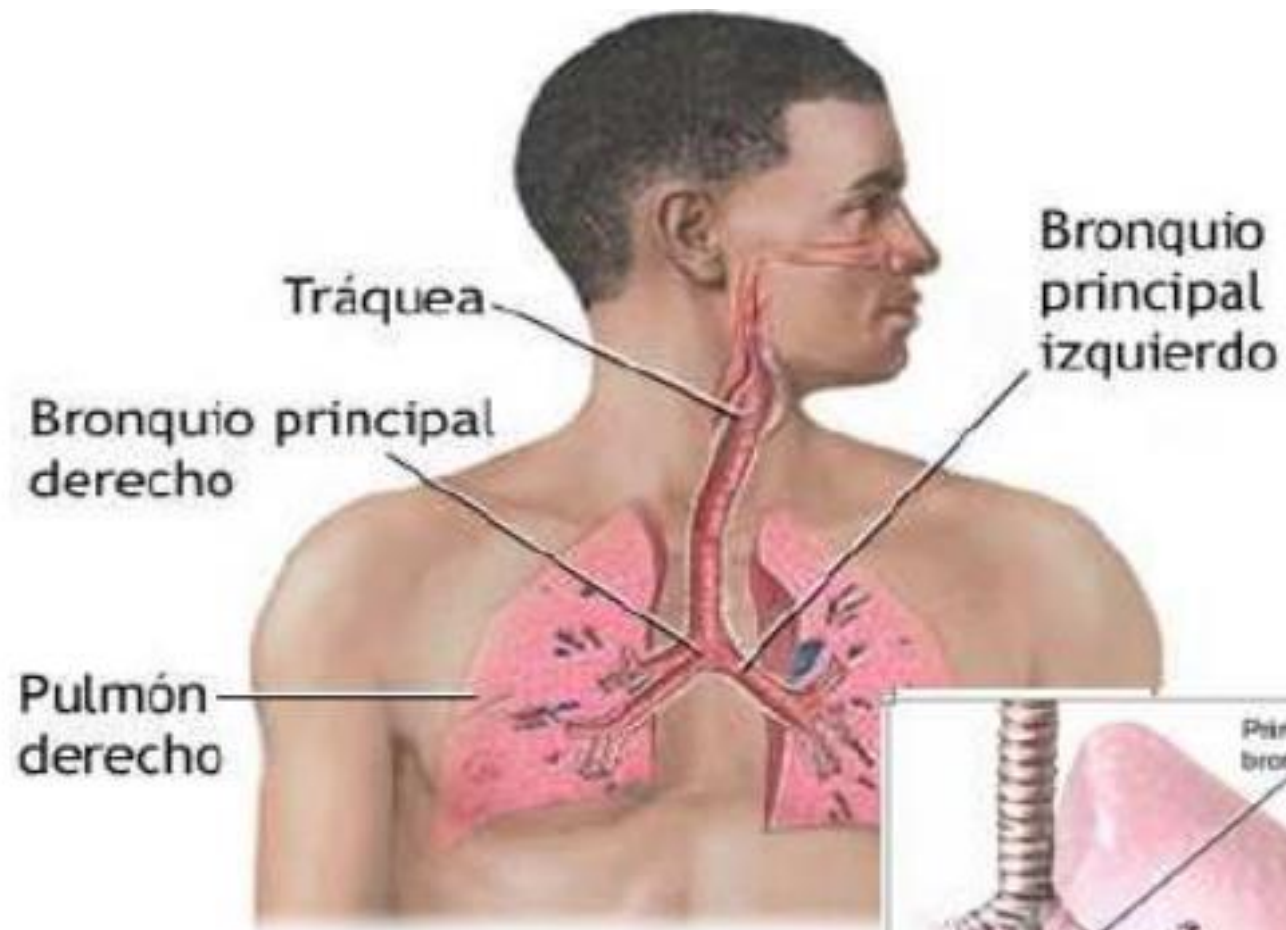
Teflón

Fluoruros



micras



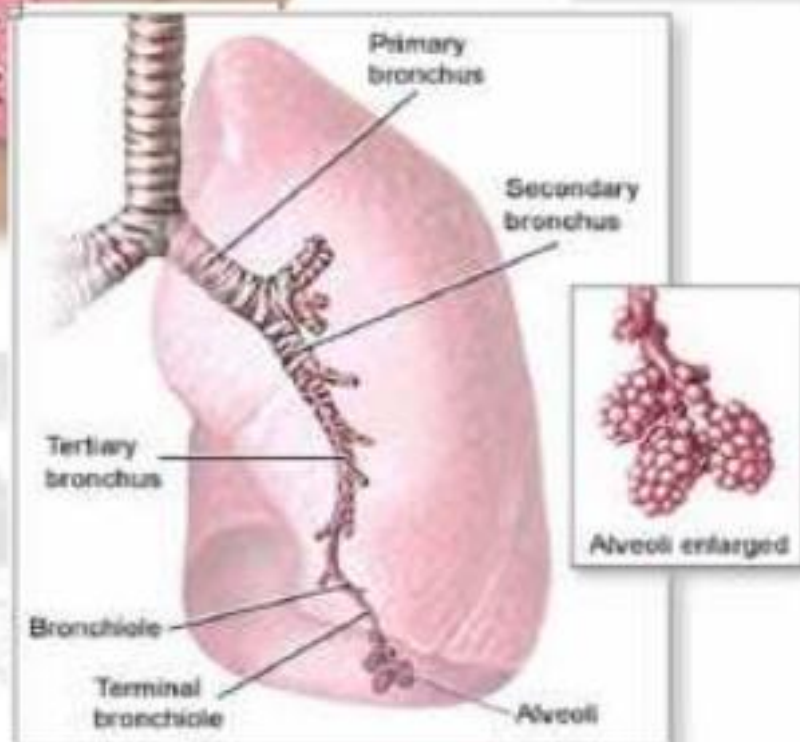


Garganta, Nariz, Boca
> 5 μm

Tráquea
1 - 5 μm

Bronquios
1 - 5 μm

Alveólos
< 1 μm



$\mu\text{m} = 0,000001 \text{ m}$



Humos y Gases

Muchos procesos de corte y soldadura producen humos y gases, los cuales pueden ser dañinos para la salud.

- **Humos**

Son partículas sólidas que se originan de consumibles o del metal base.

- **Gases**

Además de los gases utilizados como protección, se producen gases durante el proceso de soldadura y como efecto del proceso de radiación en el ambiente.

Posibles efectos de Sobre Exposición

MANGANESO.

Existe la posibilidad de daños más serios a la salud cuando se involucran materiales altamente tóxicos. Por ejemplo, una sobreexposición a manganeso puede afectar el sistema nervioso central afectando el habla y el movimiento.

CADMIO.

Por inhalación puede causar, dolores de cabeza, mareos, alteración nerviosa, complicaciones respiratorias y la muerte.

Posibles efectos de Sobre Exposición

CROMO Y NÍQUEL (acero inoxidable)

Estos humos pueden ser carcinógenos o cancerígenos.

- Pueden causar dermatitis.
- Humos que contienen compuestos de cromo o níquel pueden irritar la piel y las vías respiratorias y causar la **Fiebre de Humos de Metal**.

ÓXIDO DE BARIO

- El oler o tragar óxido de **bario** puede provocar dolor de estómago, vómitos, parálisis y hasta la muerte.

Fiebre de los Humos de Metal

Efectos de la Sobre Exposición:

- Dolores de cabeza, fiebre, escalofríos, dolores musculares, sed, mareos, vómitos, debilidad, fatiga, dolor gastrointestinal y cansancio.
- Los síntomas usualmente inician varias horas después de la exposición y duran entre 6 a 48 horas.
- La fiebre puede superar los 39°C.

Agudos



- **Cobre, Zinc, Manganeso**

Fiebre del humo metálico

- **Hierro**

Irritación, edema pulmonar

- **Cadmio**

Irritación, edema pulmonar

- **Cromo, Níquel**

Irritación

- **Fluoruros**

Irritación vías respiratorias

Crónicos



- **Cromo (VI)**

Incrementa riesgo cáncer pulmón

- **Níquel**

Puede ocasionar cáncer. Causa asma

- **Hierro, Aluminio**

Fibrosis (Siderosis, Aluminosis)

- **Cadmio**

Enfisema, daño renal

- **Manganeso**

Puede ocasionar enfermedad de Parkinson

- **Plomo**

Daños en SNC, riñón, anemia

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 un charco o sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo.
- ▶ Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos.

Humedad



Recomendaciones para evitar descargas eléctricas

- Apague el equipo cuando no este en uso.
- Mantenga todos los cobertores y paneles en su lugar.
- Si trabaja en un espacio confinado **no** use máquinas de corriente alterna.

40 voltios quizá no sean muy peligrosos pero 80 voltios si pueden causar una lesión seria y hasta la muerte.

- a) No use máquinas de corriente alterna y directa mezcladas en el trabajo a la vez.
- b) No use polaridades distintas en el mismo trabajo a la vez.

Ruidos

RIESGOS	CAUSAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
RUIDO	<p>Elevado nivel de ruido por los propios trabajos de soldadura.</p> <p>Ruido generado por los equipos de extracción, compresores, máquinas auxiliares, etc.</p>	<p>Minimizar la emisión de ruido: encerramiento de la fuente, alejamiento (colocar fuera de los lugares de trabajo equipos como compresores) o su transmisión (colocando absorbentes, realizando un mantenimiento periódico de los diferentes equipos, etc.).</p> <p>Reducir el tiempo de exposición.</p> <p>Utilización de protección del oído: orejeras, cascos, etc. (ver manuales de los diferentes equipos).</p> <p>Señalización de zonas de elevado nivel de riesgo.</p>

- En los trabajos de soldaduras se producen ruidos por arriba de los 80 decibeles, los cuales es obligatorio el uso de protección auditiva.
- En los procesos de soldadura como arco al carbón y aire, plasma, y el uso de herramientas neumáticas es mandatorio la doble protección auditiva.

Escala del ruido

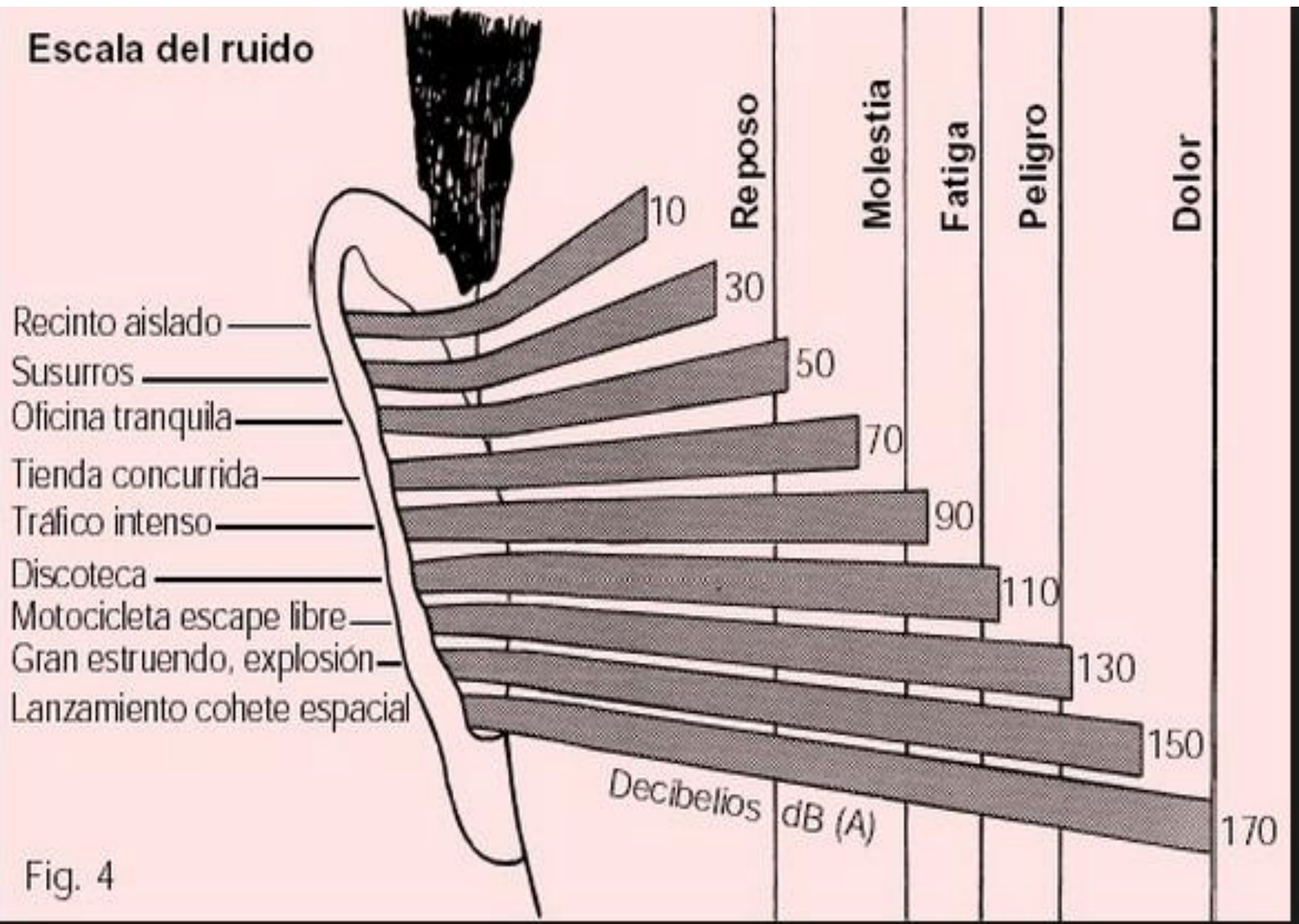


Fig. 4

RUIDOS EN LA SOLDADURA

Process	Rod ¹		Base ¹		A-weighted sound pressure level, dB ²					
	Diam.	Material	Thickness	Material	Amperes	40	60	80	100	120
	in.	(mm)	in.	(mm)						
GTAW	3/32	(2.4)	ER308-L	1/2 (12.7)	SS	130-190		••••		
GMAW	.045	(1.1)	E70S-3	3/4 (19.2)	MS	210-275			••••	
FCAW	3/32	(2.4)	E308-L	1/2 (12.7)	SS	130-190		••••		
FCAW	3/32	(2.4)	E70T-1	3/4 (19.1)	MS	290-540			••••	
FCAW	3/32	(2.4)	E70T-4	3/4 (19.1)	MS	260-515			••••	
SMAW	5/32	(4.0)	E6010 IP	3/4 (19.1)	MS	130-190		••••		
SMAW	5/32	(4.0)	E6010 IP	3/4 (19.1)	MS	115-180			••••	
SMAW	5/32	(4.0)	E7018	3/8 (9.5)	MS	130-190		••••		
AAC	3/16	(4.8)	CC	3/4 (19.1)	MS	NA				••••
AAC	3/16	(4.8)	CC	3/4 (19.1)	MS	NA				••••

1. See Data Sheets for detailed information

2. The dotted bars following each process description represent the range of sound pressure levels measured at the five primary locations over the range of current values used (eliminating measurement M6 at the level of the welder's or operator's ear).

RUIDO

- OSHA en el título 29 del Code of Federal Regulations, parte 1910.95 sostiene que 90 dB es el límite de exposición permisible de un trabajador durante un tiempo máximo de 8 horas. Asimismo 85 dB ya indica el uso de implementos de protección.
- Orejeras y tapones 16 – 35 Db

CONTAMINANTES PRESENTES EN SOLDADURA

Contaminantes	TLV	Contaminantes	TLV
Óxido de hierro	5 mg/m³	Ozono	(0,05 , 0,1) p.p.m.
Óxido de cromo	0,5 mg/m³	NO₂	3 p.p.m.
Óxido de aluminio	10 mg/m³	CO	25 p.p.m.
Óxido de níquel	1 mg/m³	CO₂	5000 p.p.m.
Óxido de cobre	0,2 mg/m³	Fosgeno	(0,02 , 0,08) p.p.m.
Óxido de plomo	0,15 mg/m³	Humos (NCOF)	5 mg/m³
Óxido de cinc	5 mg/m³		

PROTECCION PERSONAL

- **Máscara de soldar**, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros *inactínicos*.
- **Guantes de cuero**, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- **Coletó o delantal de cuero**, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.
- **Polainas y casaca de cuero**, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones verticales y sobre cabeza.
- **Zapatos de seguridad**, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
- **Gorro**, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones de sobre cabeza.

Máscaras de soldar convencional y fotosensible



Protector auditivo



Chaqueta cuero y descarne



Zapatos de seguridad



Rodillera protectora



Lentes de protección



Respiradores



Colete de cuero y descarne



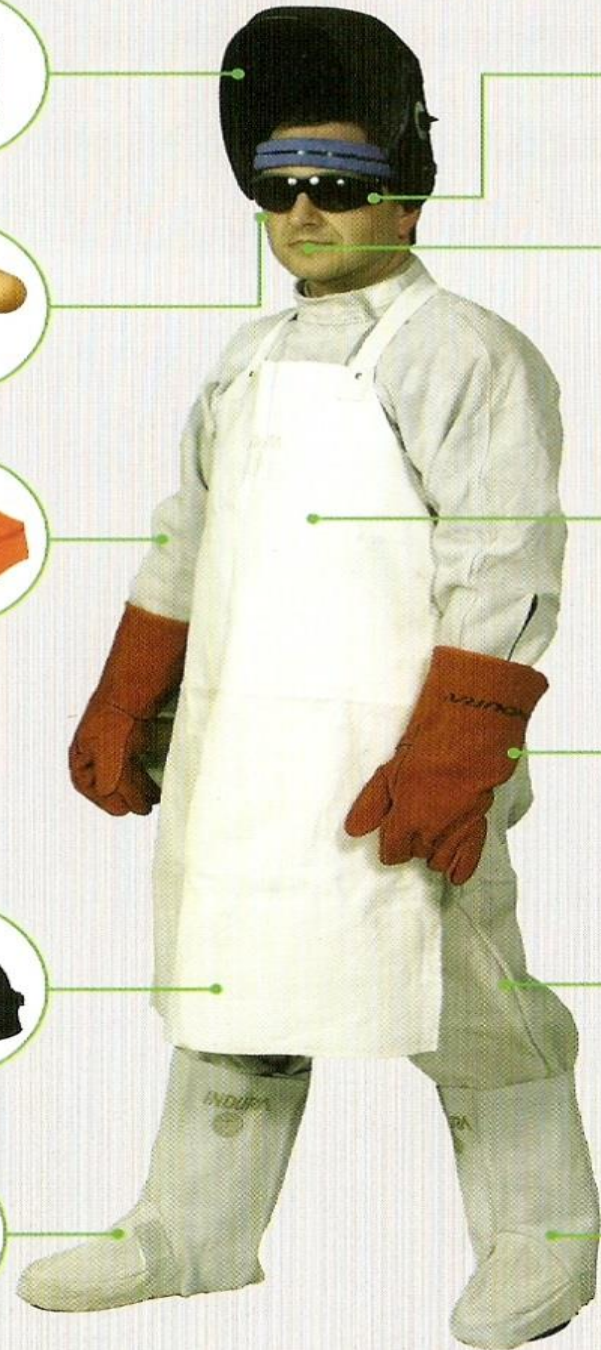
Guantes de cuero y descarne



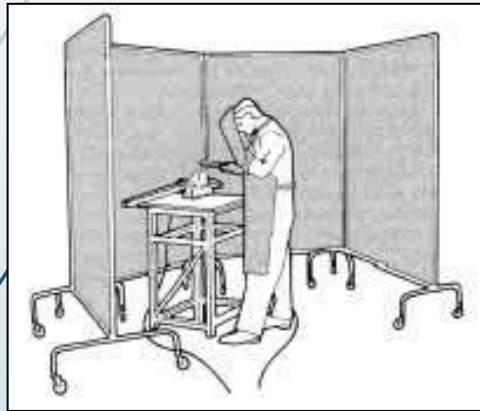
Pantalón de cuero y descarne



Polainas de cuero y descarne



RADIACIONES UV Y LUMINOSAS



Protecciones generales o colectivas



El material debe ser opaco o translúcido y robusto. La parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación.

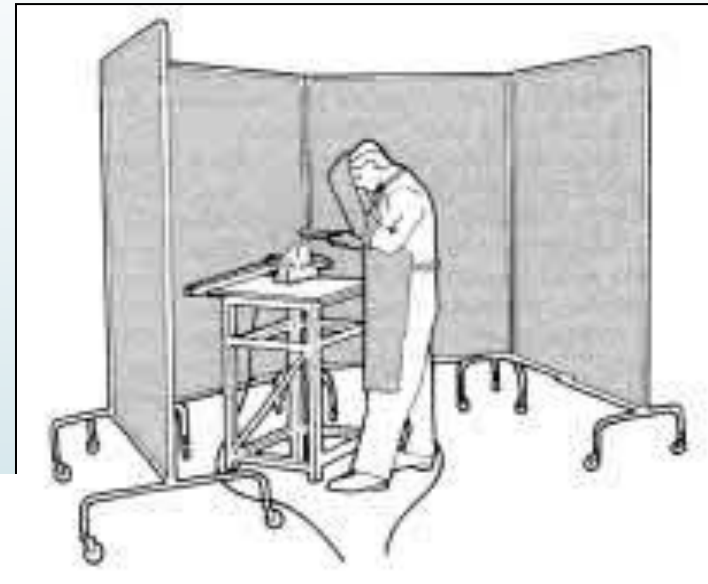
Se debería señalar con las palabras: “**PELIGRO ZONA DE SOLDADURA**”, para advertir al resto de los trabajadores.


SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE HUMOS DE SOLDADURA

Extracción incorporada a la pistola de soldadura



Extracción incorporada en la pantalla de protección



A dark grey arrow points to the right from the top left corner. Several thin, light blue lines curve downwards from the left side of the slide.

Hay mucho mas para conocer, Argentina necesita gente capacitada y empresas responsables con visiones de progreso.

Muchas gracias por su atención y paciencia.

Ing. Cristian Aguilera



Hay tiempo para algo más?

Calidad / Seguridad de productos soldados - Procedimientos





**ELECTRODO REVESTIDO -
SMAW**



**TIG - Soldadura por arco
con electrodo de
Tungsteno - GTAW (Gas
Tungsten Arc Welding)**



**Soldadura por arco con alambre
continuo y protección gaseosa -
GMAW (Gas Metal Arc Welding)**



Proceso electrodo:

- **Tipo de protección:**
Revestimiento o fundente
- **Tipo de aporte:**
Electrodo revestido
- **Magnitud controlada:**
Corriente.



Proceso Tig:

- **Tipo de protección:**
Gas
- **Tipo de aporte:**
Varilla de aporte
- **Magnitud controlada:**
Corriente.



Proceso Mig:

- **Tipo de protección:**
Gas
- **Tipo de aporte:**
Rollo de alambre
- **Magnitud controlada:**
Voltaje:



Proceso electrodo:

- **Velocidad de aplicación:**

Media

- **Tipo de corriente:**

AC y DC

- **Material base:**

- Aluminio, Acero, Acero inoxidable.

- **Clase de Gas:**

No gas



Proceso Tig:

- **Velocidad de aplicación**

Lenta

- **Tipo de corriente:**

AC y DC

- **Material base:**

- Aluminio, Acero, Acero inoxidable y galvanizado

- **Clase de Gas:**

Argón Puro



Proceso Mig:

- **Velocidad de aplicación**

Rápida

- **Tipo de Corriente:**

DC

- **Material base:**

- Aluminio, Acero, Acero inoxidable.

- **Clase de Gas:**

CO₂, Argón puro, Etc.

Consumibles, selección y tipos de recubrimientos.

- ▶ Una vez escogido el electrodo de acuerdo a las bases anteriores, es necesario seleccionar la corriente (**amperaje**) con la cual va a trabajarse según el diámetro del mismo. Si la corriente de operación es directa o continua, debe usarse la polaridad recomendada por el fabricante para ese electrodo con el objeto de obtener mejores resultados.
- ▶ A pesar de que los distintos tipos de electrodos, para las varias aplicaciones poseen diferentes características de operación, hay algunas reglas generales implícitas que se aplican sin excepción a todos los tipos de electrodos revestidos.
- ▶ El arco, por ejemplo, debe mantenerse siempre lo mas corto posible pero sin permitir que el revestimiento del electrodo toque el charco del metal fundido;

Consumibles, selección y tipos de recubrimientos

- El avance del arco debe estar de acuerdo con el diámetro del electrodo usado, pues la forma final y la apariencia del cordón depende en gran parte de la velocidad de avance; un avance lento producirá un cordón redondo y ancho, mientras que un avance rápido producirá un cordón plano y angosto. La oscilación del arco deberá ser generalmente corta, no mayor que cuatro veces el diámetro del electrodo y de solamente 1 a 2 veces el diámetro del mismo para los tipos “bajo hidrógeno”; cuando por fuerza mayor la oscilación debe ser mayor, la velocidad de la misma debe ser lo más baja posible.
- El objeto de lo anterior, es evitar que en ningún caso el electrodo y el metal que está siendo depositado se salga de la atmósfera del gas protector generado por el revestimiento.
- La escoria como función principal limpia de impureza el metal depositado y ayuda a darle al cordón su forma y apariencia externa. Al mismo tiempo y según su punto de solidificación, permite que el metal depositado se sostenga en posiciones vertical y sobre cabeza. Consecuentemente es importante no remover la escoria, hasta tanto no se haya enfriado y solidificado completamente.

ARCO MANUAL CON ELECTRODO REVESTIDO

- ▶ El proceso de electrodo revestido (Manual), identificado por la AWS como SMAW (Shield Metal Arc Welding), es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base.
- ▶ El arco produce una temperatura aproximadamente de 3500°C en la punta del electrodo, superior a la necesaria para fundir la mayoría de los metales. El calor funde el metal base y el electrodo revestido, de esta manera se genera una pileta líquida o baño de fusión, que va solidificando a medida que el electrodo se mueve a lo largo de la junta.
- ▶ En la soldadura de electrodos revestidos el amperaje queda fijado por el diámetro del electrodo y tipo de revestimiento, el voltaje por la longitud del arco.
- ▶ Las funciones que cumple el revestimiento son las siguientes: Protección del metal fundido a través de la generación de gas, de la escoria, provee desoxidantes, provee elementos de aleación, facilita el inicio del arco y su estabilidad, determina la forma del cordón y su penetración, establece la posición de soldadura, transmite mayor o menor calor y determina la viscosidad y fusión de la escoria.

Electrodos más utilizados en Argentina:

E6010: celulósico para CC+

E6011: celulósico para CA

E6012: rutílico con 10 % celulosa

E6013: rutílico con 5 % celulosa

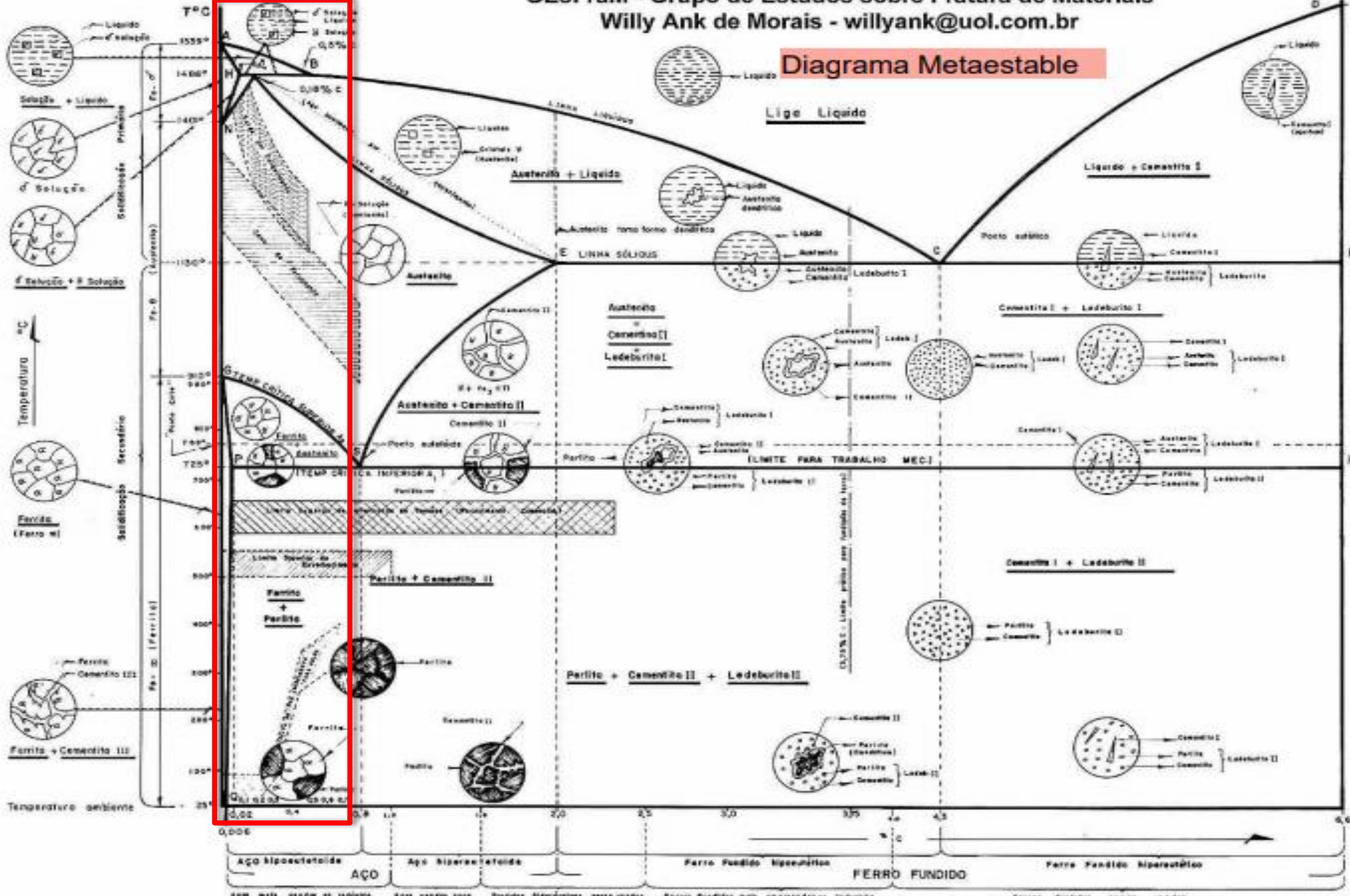
E7015: básico para CC+

E7016: básico para CA

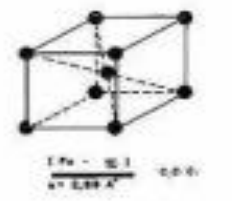
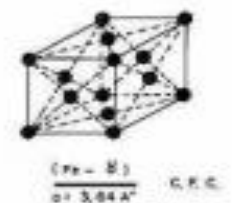
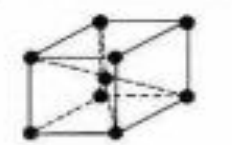
E7018: básico para CC+ y CA, con polvo de Fe

E7048: básico para vertical descendente

Diagrama Metaestable



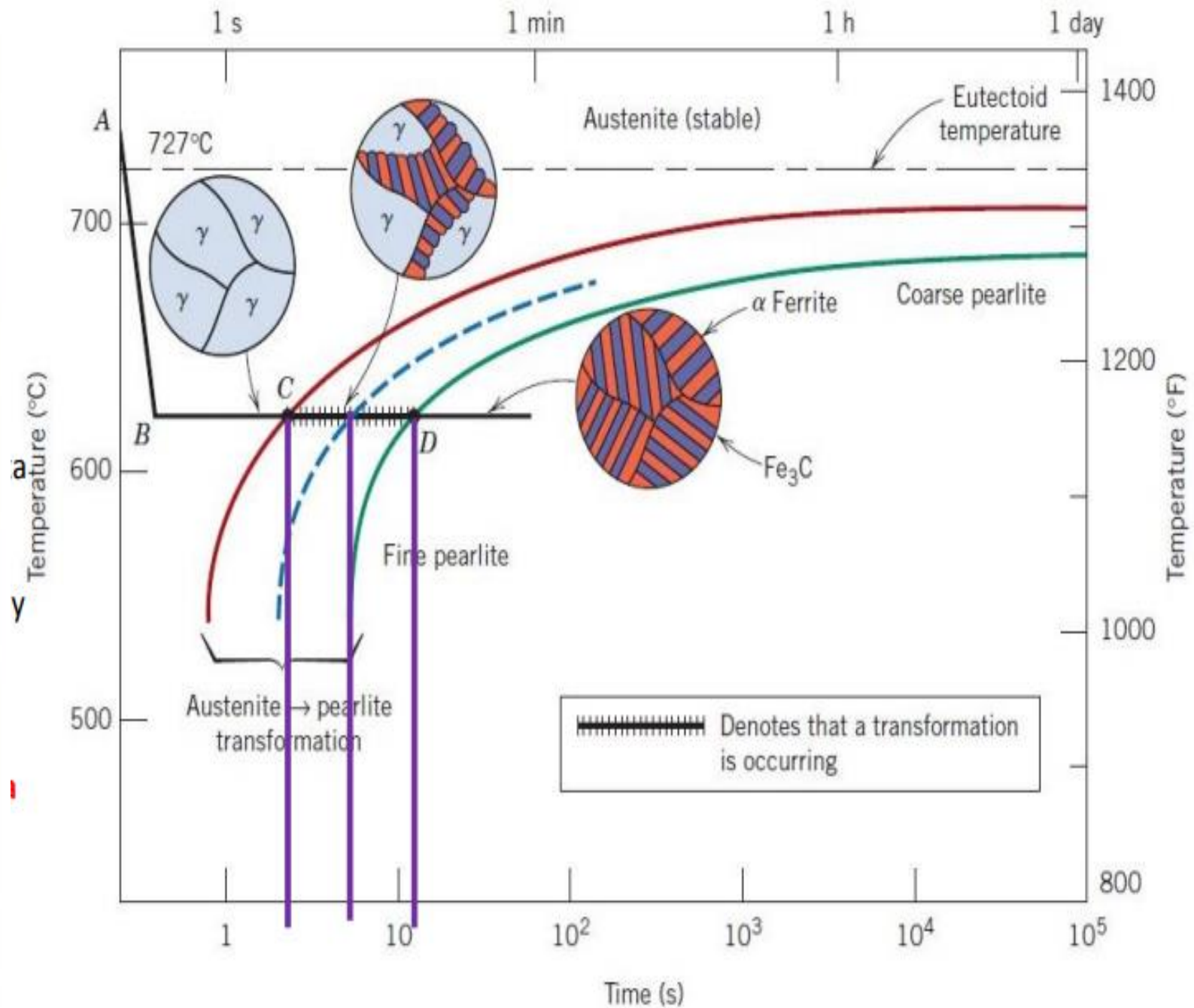
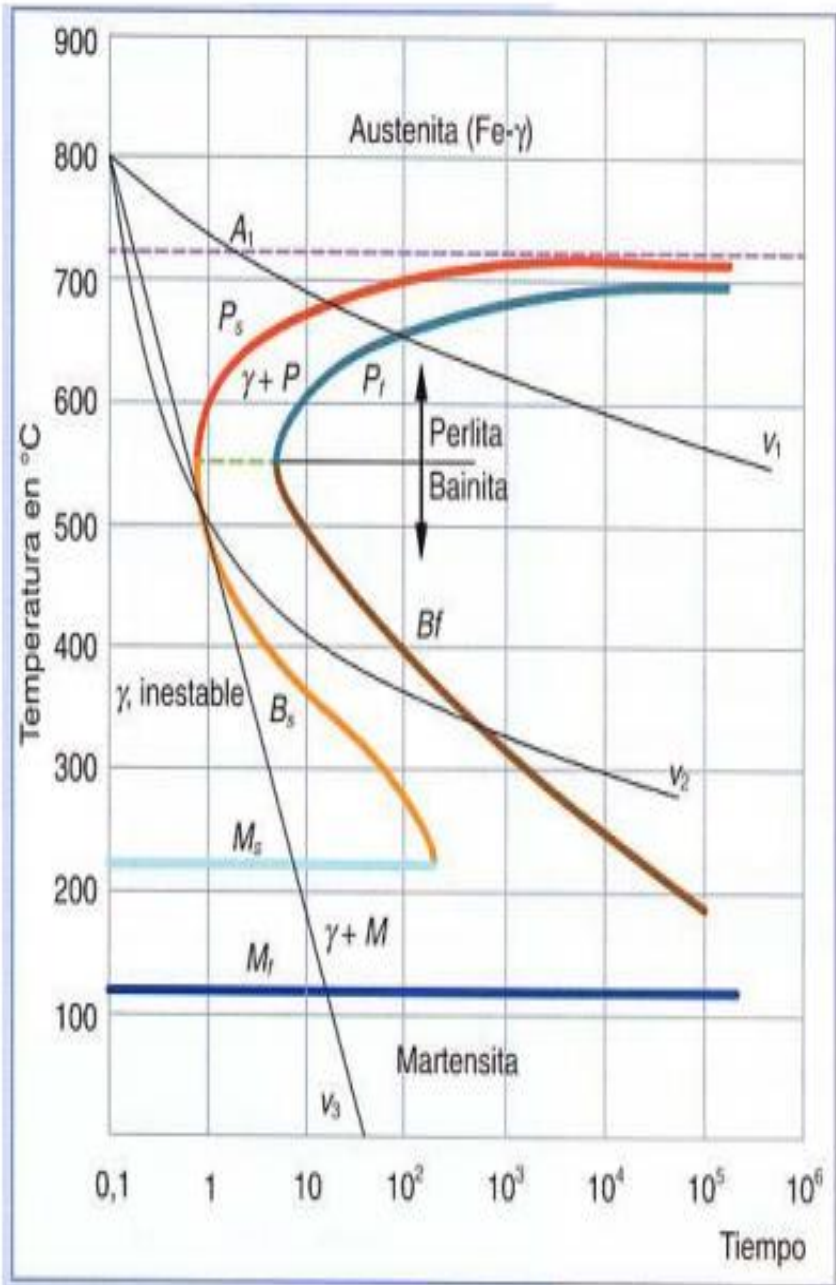
NOTAS 1) - Redes Atômicas

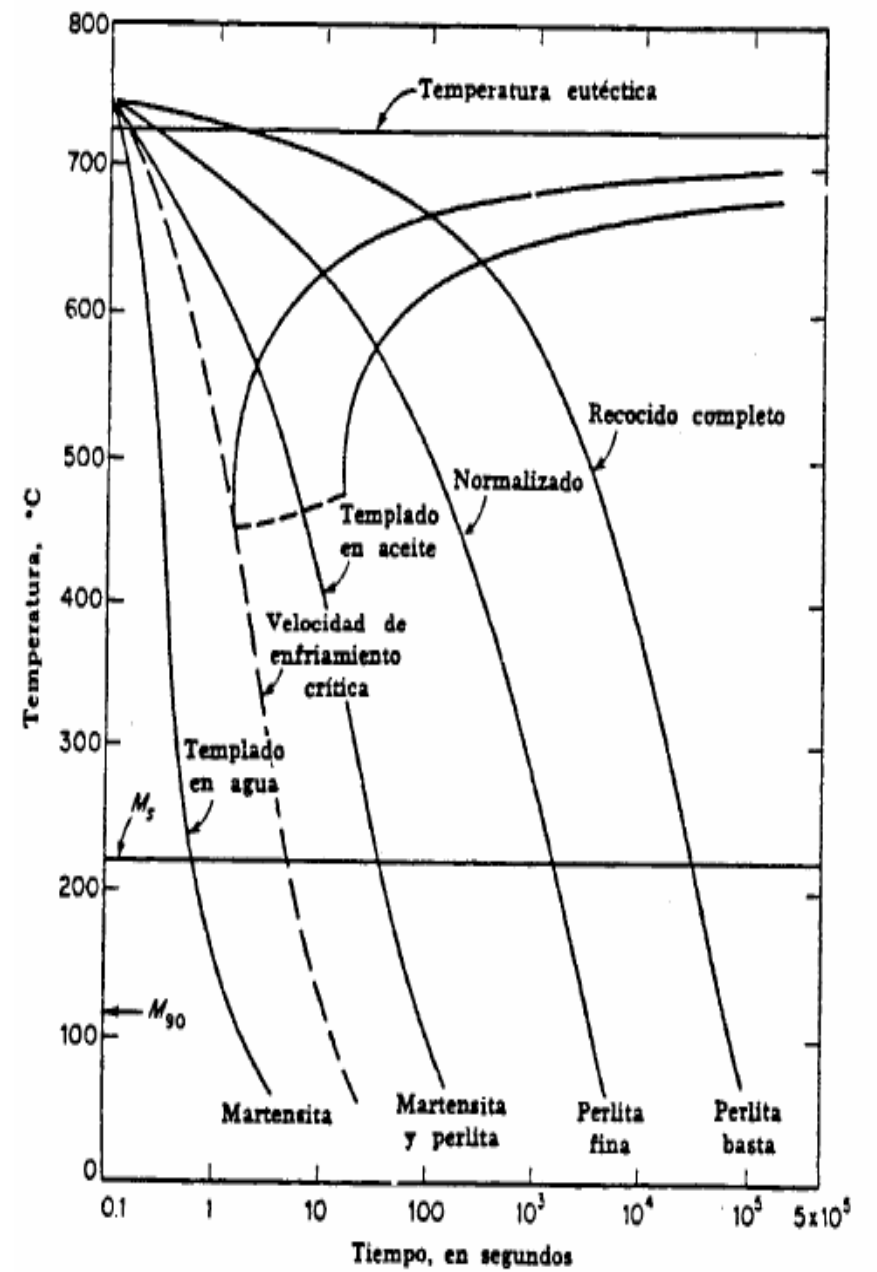
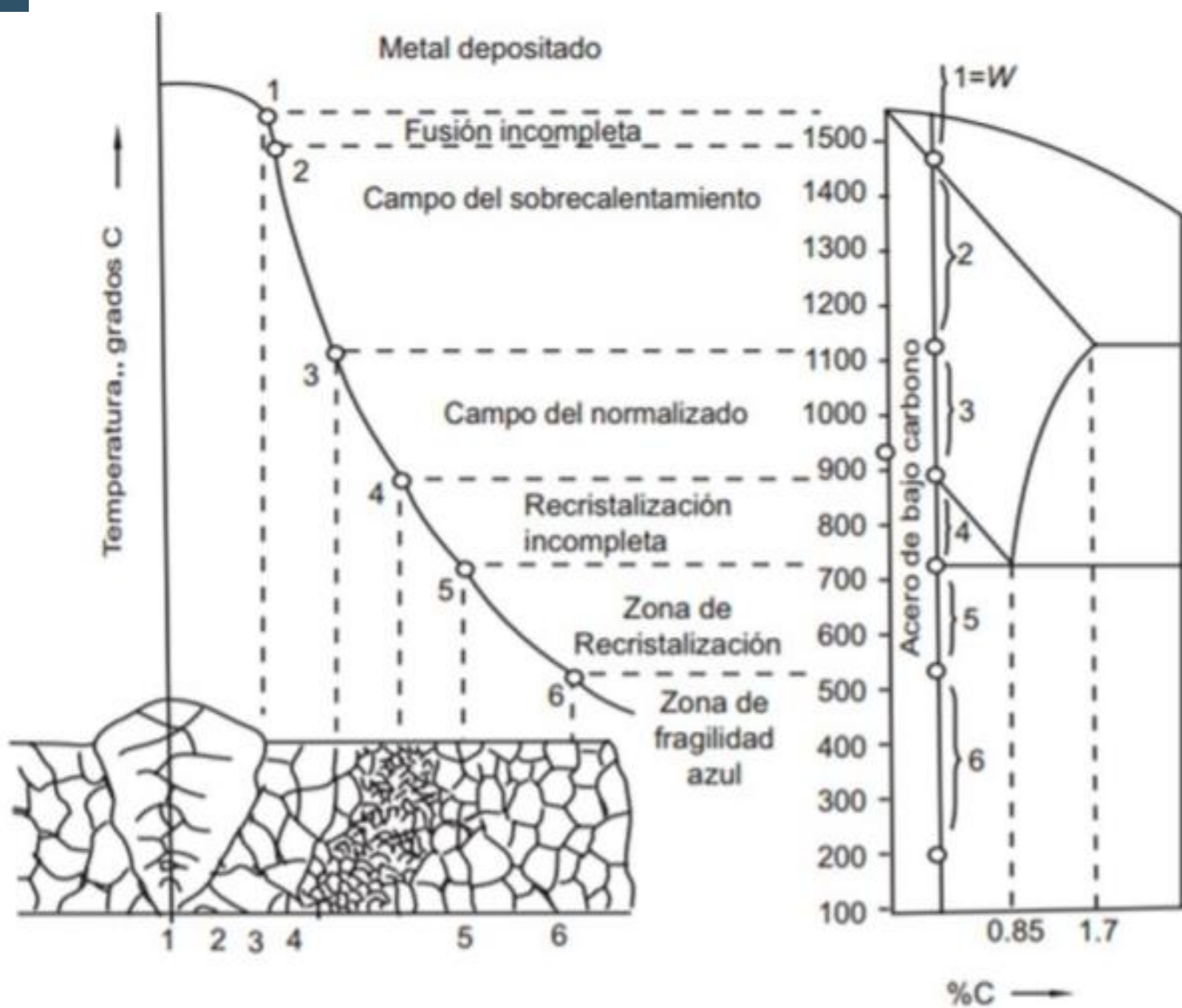


2) Propriedades Mecânicas

	DUREZA	TRAÇÃO	ALONGAM.
FERRITA	80	50kgf/cm ²	40%
PERLITA	200	85 " "	10%
CEMENTITA	800	00 " "	0%

3) - A dureza de MARTENSITA varia com o % de carbono.





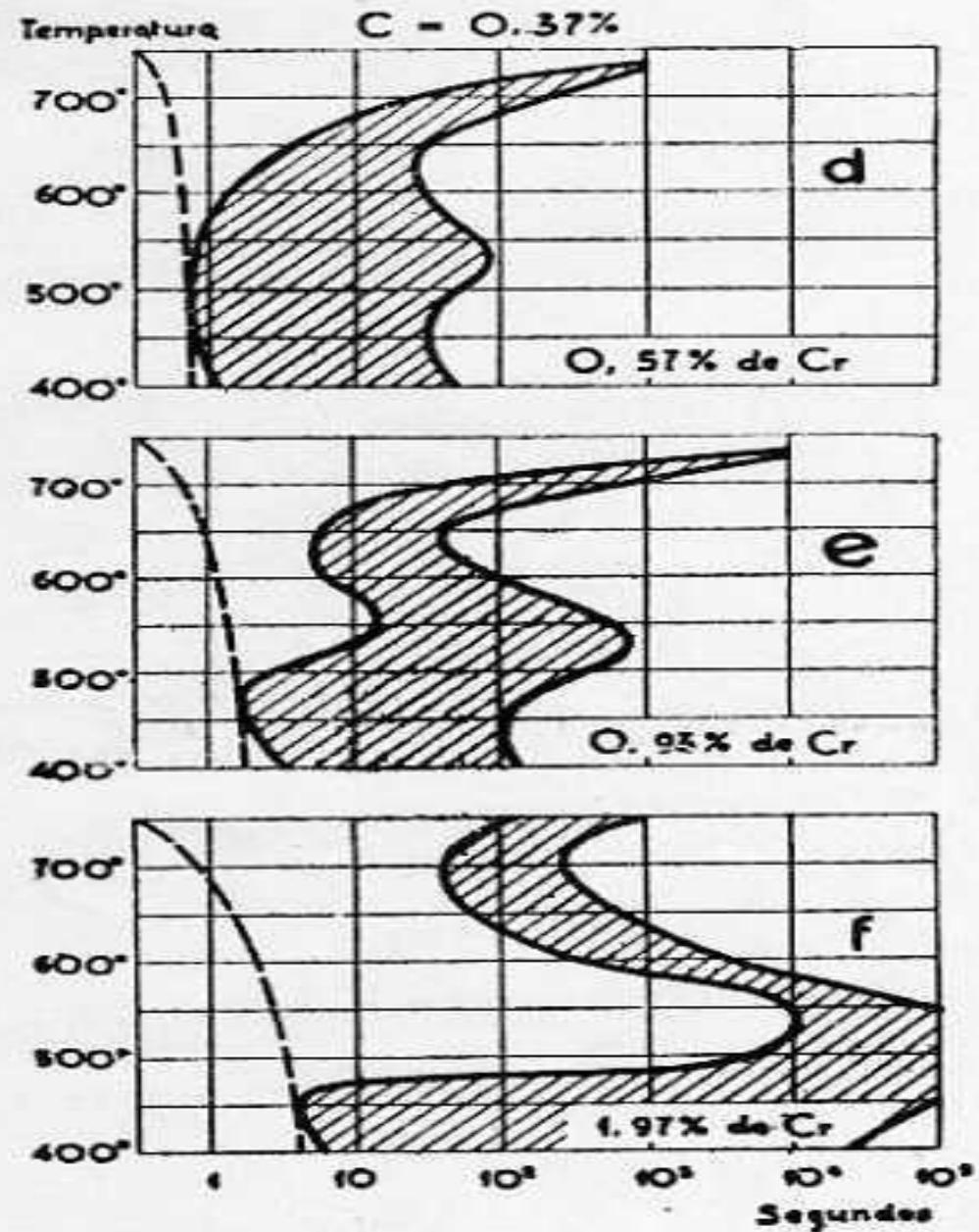
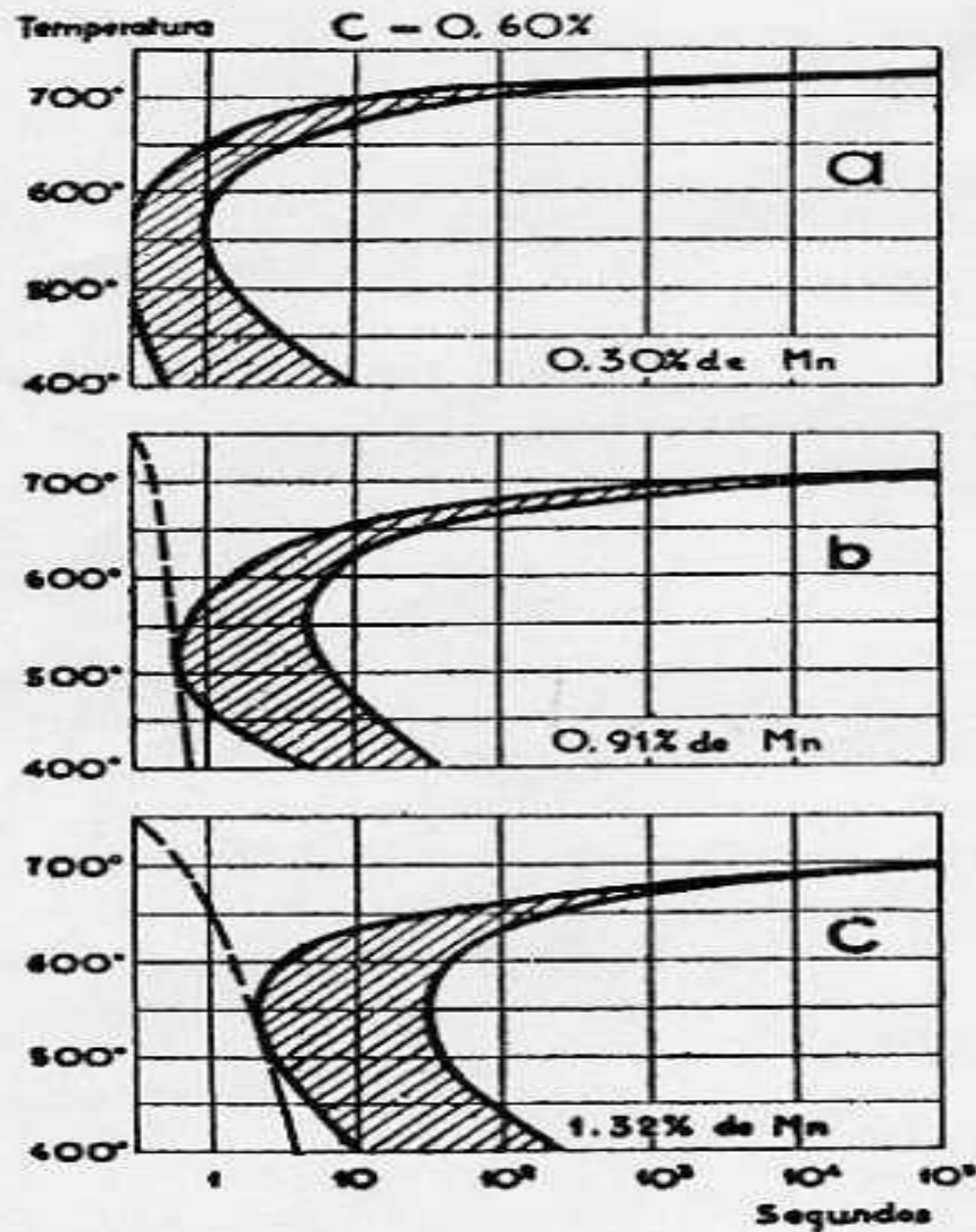


FIGURA 168

Curvas de la «S» de tres aceros de 0,60 % de carbono y contenidos variables de manganeso, y de tres aceros de 0,37 % de carbono y contenidos variables de cromo.

CARBONO EQUIVALENTE

	Fuente	Fórmula	
1	IIW	$CE=C+Mn/6+Mo/5+Ni/15+Cr/5+V/5+Cu/15$	C= 0,18
2	WES	$CE=C+Mn/6+Si/24+Mo/29+V/14$	
3	Dearden- O'Neill	$CE=C+Mn/6+Mo/4+Ni/15+Cr/5$	
4	Kihara- Suzuki- Tamura	$CE=C+Mn/6+Mo/4+Ni/40+Cr/5+V/14+Si/24$	
5	Stout	$CE=C+Mn/6+Mo/10+Ni/20+Cr/10+Cu/40$	
6	Winterton	$CE=C+Mn/6+Mo/50+Ni/20+V/10+Cu/40$	
7	Ito- Bessyo "PCM"	$CE = C + Mn/20 + Mo/15 + Ni/60 + Cr/20 + V/10 + Cu/20 + Si/30 + 5B + H/60 + At/600$ A=1 Junta libre A=2 Junta Embridada t = Espesor en mm H = $cm^3/100g$ de metal depositado (Básicos:5 - Celulósico: 20) Tpc(°C)= 1440PCM-392	%C=0,17
8	Bradstreet	$CE=C+Mn/20+Mo/10+Ni/15+Cr/10+V/10$	
9	Lorenz- Düren	$CE=C+Si/26+Mn/19+Cu/22+Cr/12+Ni/38+Mo/13+V/7$	
10	Koch- Bersch	$CE = C + (Mn+Mo+Ni+Cr+V+Cu+Si) / 20$	
11	Graville	$CE = C + Mn/16+Mo/7+Cr/23+Ni/50+ Nb/8+V/9+1/12 \log H_2$	
12	Yurioka- Ohshita "CEN"	$CE = C + A(C) (Si/24+ Mn/6+Cu/15+Ni/20+ (Cr + Mo + Nb + V)/5+ 5B$ $A(C) = 0,75 + 0,25 \tanh [20 (C - 0,12)]$	Para todos los %C

REQUERIMIENTO DE PRECALENTAMIENTO EN RELACION A CARBONO EQUIVALENTE

El IIW propone en cambio la siguiente formula:

$$CE = \% C + \% Mn / 6 + \% Cr Mo V / 5 + 5 Si Ni Cu / 15$$

Y agrega que si:

CE < 0,35 No requiere PC

0,35 < CE < 0,55 Si requiere PC

CE > 0,55 Si requiere PC y además requiere TTPS

Aceros inoxidables

- Los aceros inoxidables se dividen de acuerdo con su Microestructura en cinco grupos:
- 1. FERRÍTICOS
- 2. MARTENSITICOS
- 3. AUSTENITICOS
- 4. DUPLEX
- 5. ENDURECIDOS POR PRECIPITACIÓN

Acero inoxidable ferrítico

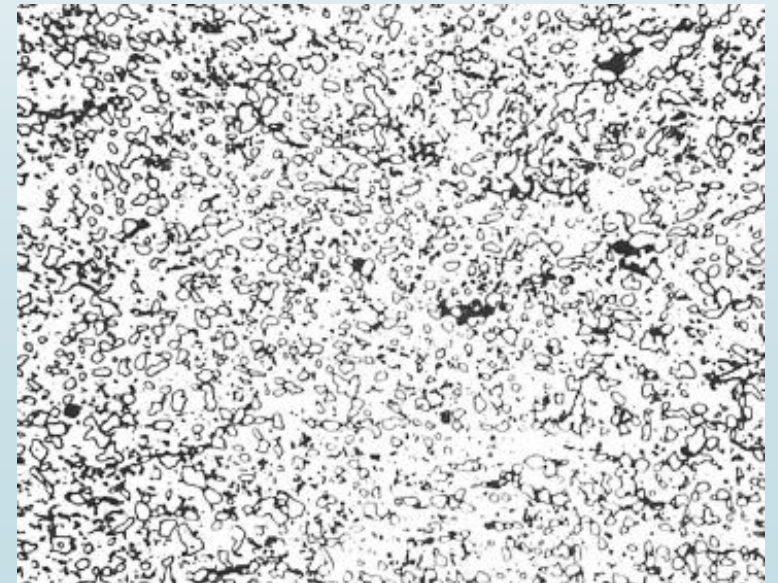
- **ALEACIONES HIERRO, CROMO Y CARBONO**
- **C < 0.10 %**
- **Cr: 16-18 %**
- **• TP 430 / EN -1.4016**
- **• ESTÉTICA**
- **• RESISTENCIA A LA CORROSIÓN**



Aceros inoxidables martensíticos

- ▶ Los aceros inoxidables martensíticos son aceros al cromo (11%-18%) que contienen pequeñas cantidades de otros elementos de aleación, como, a veces, níquel, pero en este caso en cantidad nunca superior al 2,5%. Los contenidos de carbono pueden variar entre un mínimo de 0,08% hasta un máximo de un 1,2%.
- ▶ La permeabilidad magnética los clasifica entre los materiales ferromagnéticos.

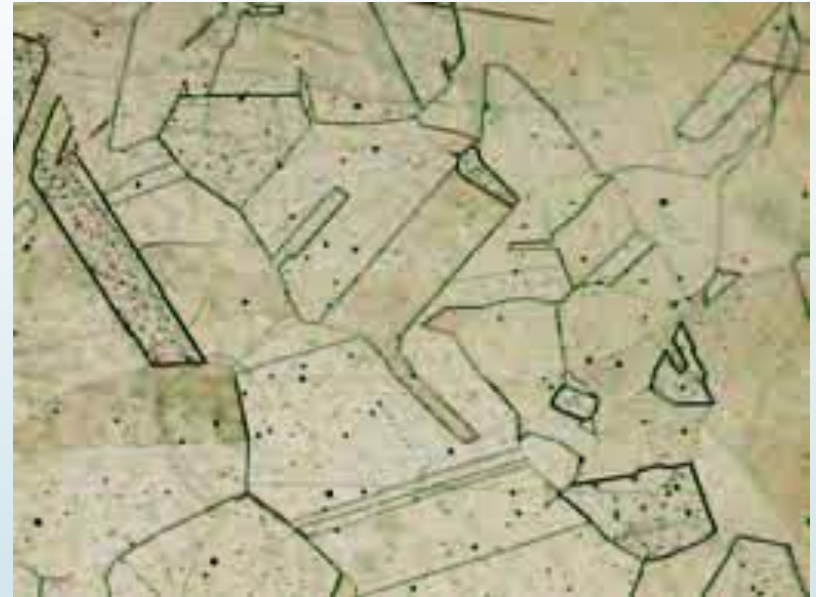
- ALEACIONES HIERRO, CROMO Y CARBONO
- TP 420 / EN -1.4028
- TRATAMIENTOS TÉRMICOS
- CUCHILLERÍA



Aceros inoxidables Austeníticos

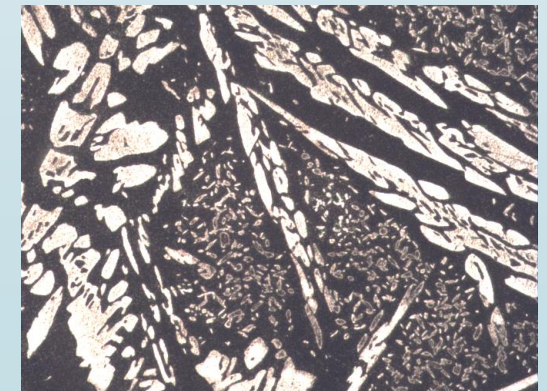
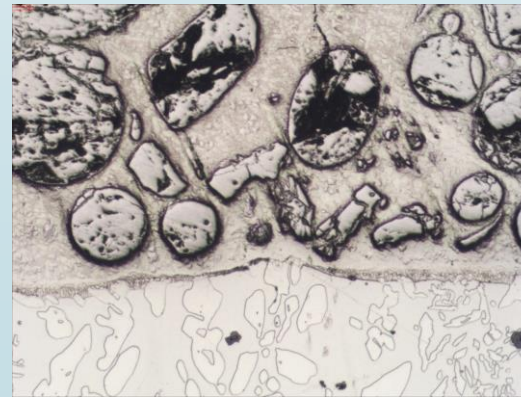
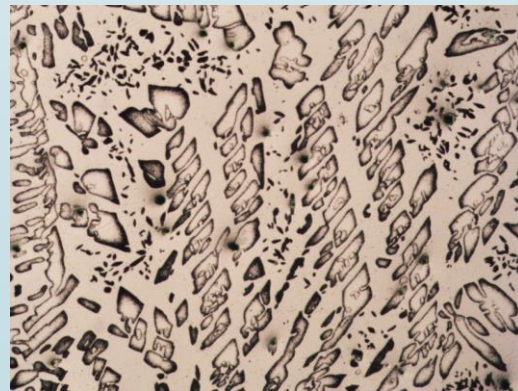
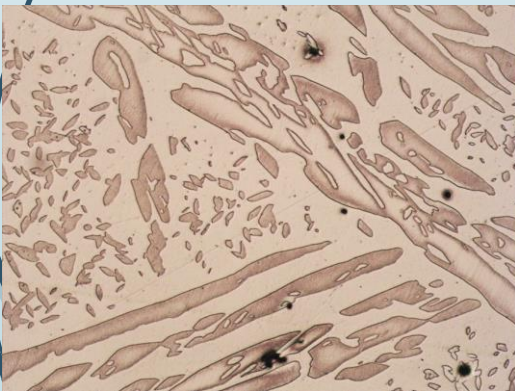
- C \leq 0.08 %
- Cr: 17-20 %
- Ni: 8-10 %

- TP 304 / EN -1.4301
- EFECTO DEL NÍQUEL
- CONFORMABILIDAD, SOLDABILIDAD Y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN
- MUY UTILIZADOS
- ALEACIONES HIERRO, CROMO, NÍQUEL Y CARBONO



Aceros inoxidables Dúplex Austenítico-Ferrítico

- Presentan una microestructura de granos de ferrita y de austenita.
- Tienen buena resistencia mecánica, hasta 700 MPa, (mayor que la de los ferríticos o austeníticos),
- Excelente resistencia a la corrosión bajo tensión y muy buena ductilidad y tenacidad.
- Muy buena resistencia a la corrosión generalizada y Localizada. Presentan un límite de temperaturas de trabajo de 380 °C.
- Debido al balance existente entre estas dos fases, presentan ventajas en severas condiciones de temperatura y contenido de cloruros, donde los Inoxidables austenítico sufren SCC, picaduras y rendijas.
- Ejemplos: S31803 (2205), S31304 (2305), S32750 (2507), Etc.



Aceros inoxidable endurecidos por precipitación

Los aceros inoxidable endurecibles por precipitación son aleaciones hierro-cromo-níquel que se caracterizan por la resistencia mecánica obtenida a partir del endurecimiento por tratamiento térmico de envejecimiento.

Estos grados se pueden clasificar en función de su estructura en estado de recocido y del comportamiento resultante tras el tratamiento de envejecimiento, como austeníticos, semiausteníticos o martensíticos.

Los aceros endurecidos por precipitación tienen un contenido de aleación más alto que los aceros martensíticos.

Contienen níquel y, para que puedan endurecerse con el tiempo, se les **agrega cobre, aluminio, titanio, niobio y molibdeno.**

Distintos tipos de aceros inoxidables endurecidos por precipitación

AISI	NOMBRE COMERCIAL	%C	%Cr	%Ni	Otros
MARTENSÍTICOS					
635	Stainless W	0,07	16,5	6,8	0,5 mN/0,5 Si/0,4 Al/0,8Ti
630	17 - 4 PH	0,04	16,0	4,0	0,25 Mn/0,6 Si/3,2 Cu/0,25 (Cb+Ta)
----	15 - 5 PH	0,07	15,0	4,0	4,0 Cu/0,35 (Cb+Ta)
SEMIAUSTENÍTICOS					
631	17 - 7 PH	0,07	17,0	7,0	0,6 Mn/1,15 Al
632	PH 15 - 7 Mo	0,07	15,0	7,0	2,20 Mo/1,15Al
633	AM - 350	0,10	16,5	4,3	2,75 Mo/0,10N
600	A286	0,08	15	26	1,3 Mo/0,3V/2,0Ti/0,35 Al/0,003B/0,4Si
----	17 - 10 P	0,12	17,0	10,0	0,75 Mn/0,6 Si/0,25 P
----	17 - 14 CuMo	0,12	16,0	14,0	3,0Cu/ 2,5Mo/0,5 Cb 0,25Ti/0,50Si/0,7 SMn

Denominación				Composición química nominal %				
TIPO	AISI	W.Nr	DIN	Cmax	Cr	Ni	Mo	Otros
Martensítico	410	1.4006	X12Cr13	0,15	11,5/13,5	0,75Max		
Martensítico	420	1.4021	X20Cr13	0,25	12/14			
Ferrítico	409	1.4512	X2CrTi12	0,03	10,5/12,5			Ti: 6x(C+N) Max: 0,65 Tubos=Al 0,1/0,3 EN-10296-2:N ≤0,03
Ferrítico	430	1.4016	X6Cr17	0,08	16/18			Tubos=Al 0,1/0,3
Ferrítico	439	1.4510	X3CrTi17	0,05	16/18			Ti: 4x(C+N)+0,15-0,8 Tubos=Al 0,1/0,3
Ferrítico	441	1.4509	X2CrTiNb18	0,03	17,5/18,5			Ti: 0,1/0,6 Nb: 3xC+0,3-1,0
Ferrítico	444	1.4521	X2CrMoTi18-2	0,025	17/20		1,8/2,5	Ni: ≤0,030 Ti: 4x(C+N)+0,15-0,8
Austenítico	304	1.4301	X5CrNi18-10	0,07	17,5/19,5	8/10,5		N: ≤0,11
Austenítico	304L	1.4306	X2CrNi19-11	0,03	18/20	10/12		N: ≤0,11
Austenítico	304L	1.4307	X2CrNi18-9	0,03	17,5/19,5	8/10,5		N: ≤0,11
Austenítico	321	1.4541	X6CrNiTi18-10	0,08	17/19	9/12		Ti: 5xC Max: 0,70
Austenítico	347	1.4550	X6CrNiNb18-10	0,08	17/19	9/12		Nb: 10xC Max: 1
Austenítico	316	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	0,07	16,5/18,5	10/13	2/2,5	N: ≤0,11
Austenítico	316L	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	0,03	16,5/18,5	10/13	2/2,5	N: ≤0,11
Austenítico	316L	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	0,03	17/19	12,5/15	2,5/3	N: ≤0,11
Austenítico	316Ti	1.4571	X6CrNiMo17-12-2	0,03	16,5/18,5	10,5/13,5	2/2,5	Ti: 5xC Max: 0,70
Austenítico	310/314	1.4841	X15CrNiSi25-21	0,20	24/26	19/22		N: ≤0,11

Propiedades mecánicas a 20°C

TIPO	AISI	W.Nr	DIN	Límite elástico Rp 0,2% N/mm ² Mínimo	Carga de rotura Rm N/mm ²	Alargamiento después de rotura % Mínimo
Martensítico	410	1.4006	X12Cr13	450	650-850	15
Martensítico	420	1.4021	X20Cr13	500	700-850	13
Ferrítico	409	1.4512	X2CrTi12	220	390-560	20
Ferrítico	430	1.4016	X6Cr17	240	400-630	20
Ferrítico	439	1.4510	X3CrTi17	270	450-600	20
Ferrítico	441	1.4509	X2CrTiNb18	200	420-620	18
Ferrítico	444	1.4521	X2CrMoTi18-2	320	450-650	20
Austenítico	304	1.4301	X5CrNi18-10	190	500-700	45
Austenítico	304L	1.4306	X2CrNi19-11	180	460-680	45
Austenítico	304L	1.4307	X2CrNi18-9	175	500-700	45
Austenítico	321	1.4541	X6CrNiTi18-10	190	500-700	40
Austenítico	347	1.4550	X6CrNiNb18-10	205	510-740	40

Trabajar con aceros inoxidables - precauciones

- Deben mantenerse siempre separados los Aceros Inoxidables de los aceros al carbono.
- Nunca se deben utilizar las herramientas del acero al carbono, con el Acero Inoxidable.
- Toda la maquinaria debe limpiarse antes de ser utilizada para Acero Inoxidable.
- Las herramientas de acero no se deben abandonar en las superficies de Acero Inoxidable.
- Minimizar soldaduras “in situ”..
- Decapar y pulir las soldaduras.

**SPECIFICATION FOR CHROMIUM AND
CHROMIUM-NICKEL STAINLESS STEEL PLATE, SHEET,
AND STRIP FOR PRESSURE VESSELS AND FOR
GENERAL APPLICATIONS**



SA-240/SA-240M



**ESPECIFICACIÓN DE CROMO Y CROMO –
NÍQUEL PARA CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE,
HOJA, Y TIRA PARA RECIPIENTES SOMETIDO A
PRESIÓN Y PARA APLICACIONES GENERALES**

TABLE 1 *Continued*

UNS Designation ^B	Type ^C	Carbon ^D	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum	Nitrogen	Copper	Other Elements ^{E, F}
S30940	309Cb ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0–24.0	12.0–16.0	...	...	...	Cb 10xC min, 1.10 max
S30941	309HCb ^G	0.04–0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0–24.0	12.0–16.0	...	...	...	Cb 10xC min, 1.10 max
S31008	310S	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0–26.0	19.0–22.0	...	...	...	...
S31009	310H ^G	0.04–0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	24.0–26.0	19.0–22.0	...	...	...	...
S31040	310Cb ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0–26.0	19.0–22.0	...	...	...	Cb 10xC min, 1.10 max
S31041	310HCb ^G	0.04–0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	24.0–26.0	19.0–22.0	...	...	...	Cb 10xC min, 1.10 max
S31050	310 MoLN ^G	0.020	2.00	0.030	0.010	0.50	24.0–26.0	20.5–23.5	1.60–2.60	0.09–0.15	...	...
S31060	...	0.05–0.10	1.00	0.040	0.030	0.50	22.0–24.0	10.0–12.5	...	0.18–0.25	...	Ce + La 0.025–0.070 B 0.001–0.010
S31254	...	0.020	1.00	0.030	0.010	0.80	19.5–20.5	17.5–18.5	6.0–6.5	0.18–0.25	0.50–1.00	...
S31266	...	0.030	2.00–4.00	0.035	0.020	1.00	23.0–25.0	21.0–24.0	5.2–6.2	0.35–0.60	1.00–2.50	W 1.50–2.50
S31277	...	0.020	0.00	0.000	0.010	0.50	20.5–23.0	26.0–28.0	6.5–8.0	0.00–0.40	0.50–1.50	...
S31600	316	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10	...	...
S31603	316L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10	...	...
S31609	316H	0.04–0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	...	...	...
S31635	316Ti ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10	...	Ti 5 × (C + N) min, 0.70 max
S31640	316Cb ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10	...	Cb 10 × C min, 1.10 max
S31651	316N	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10–0.16	...	...
S31653	316LN	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0–18.0	10.0–14.0	2.00–3.00	0.10–0.16	...	...
S31700	317	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0–20.0	11.0–15.0	3.0–4.0	0.10	...	...
S31703	317L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0–20.0	11.0–15.0	3.0–4.0	0.10	...	...
S31725	317LM ^G	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0–20.0	13.5–17.5	4.0–5.0	0.20	...	...
S31726	317LMN ^G	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	17.0–20.0	13.5–17.5	4.0–5.0	0.10–0.20	...	...
S31727	...	0.030	1.00	0.030	0.030	1.00	17.5–19.0	14.5–16.5	3.8–4.5	0.15–0.21	2.80–4.00	...
S31753	317LN ^G	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0–20.0	11.0–15.0	3.0–4.0	0.10–0.22	...	...
S32050	...	0.030	1.50	0.035	0.020	1.00	22.0–24.0	20.0–23.0	6.0–6.8	0.21–0.32	0.40	...

TABLE 2 Continued

UNS Designation	Type ^A	Tensile Strength, min		Yield Strength, ^B min		Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	Hardness, max ^C		Cold Bend ^D
		ksi	MPa	ksi	MPa		Brinell, HBW	Rockwell B	
S30441	...	75	515	30	205	40	201	92	not required
S30451	304N	80	550	35	240	30	217	95	not required
S30452	XM-21 ^K								
Sheet and Strip		90	620	50	345	30	241	100	not required
Plate		85	585	40	275	30	241	100	not required
S30453	304LN	75	515	30	205	40	217	95	not required
S30500	305	70	485	25	170	40	183	88	not required
S30530	...	75	515	30	205	40	201	92	not required
S30600	...	78	540	35	240	40	...	...	...
S30601	...	78	540	37	255	30	...	...	not required
S30615	...	90	620	40	275	35	217	95	not required
S30815	...	87	600	45	310	40	217	95	...
S30908	309S	75	515	30	205	40	217	95	not required
S30909	309H ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S30940	309Cb ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S30941	309HCb ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31008	310S	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31009	310H ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31040	310Cb ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31041	310HCb ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31050	310 MoLN ^F								
	t ≤ 0.25 in.	84	580	39	270	25	217	95	not required
	t > 0.25 in.	78	540	37	255	25	217	95	not required
S31060	...	87	600	41	280	40	217	95	not required
S31254									
Sheet and Strip		100	690	45	310	35	223	96	not required
Plate		95	655	45	310	35	223	96	not required
S31266	...	109	750	61	420	35	...	...	not required
S31277		112	770	52	360	40			not required
S31600	316	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31603	316L	70	485	25	170	40	217	95	not required
S31609	316H	75	515	30	205	40	217	95	not required
S31635	316Ti ^F	75	515	30	205	40	217	95	not required

ENSAYO DE CHISPA-ESPECTROMETRO DE MASAS

Program: Fe-30MO
Comment: Cr, Cr/Ni-steel; Spark
Average (n=3)

09/22/2011 01:11:15 PM

Elements: Concentration

Sample No: UTN
Sample Id: PCD

Grade:

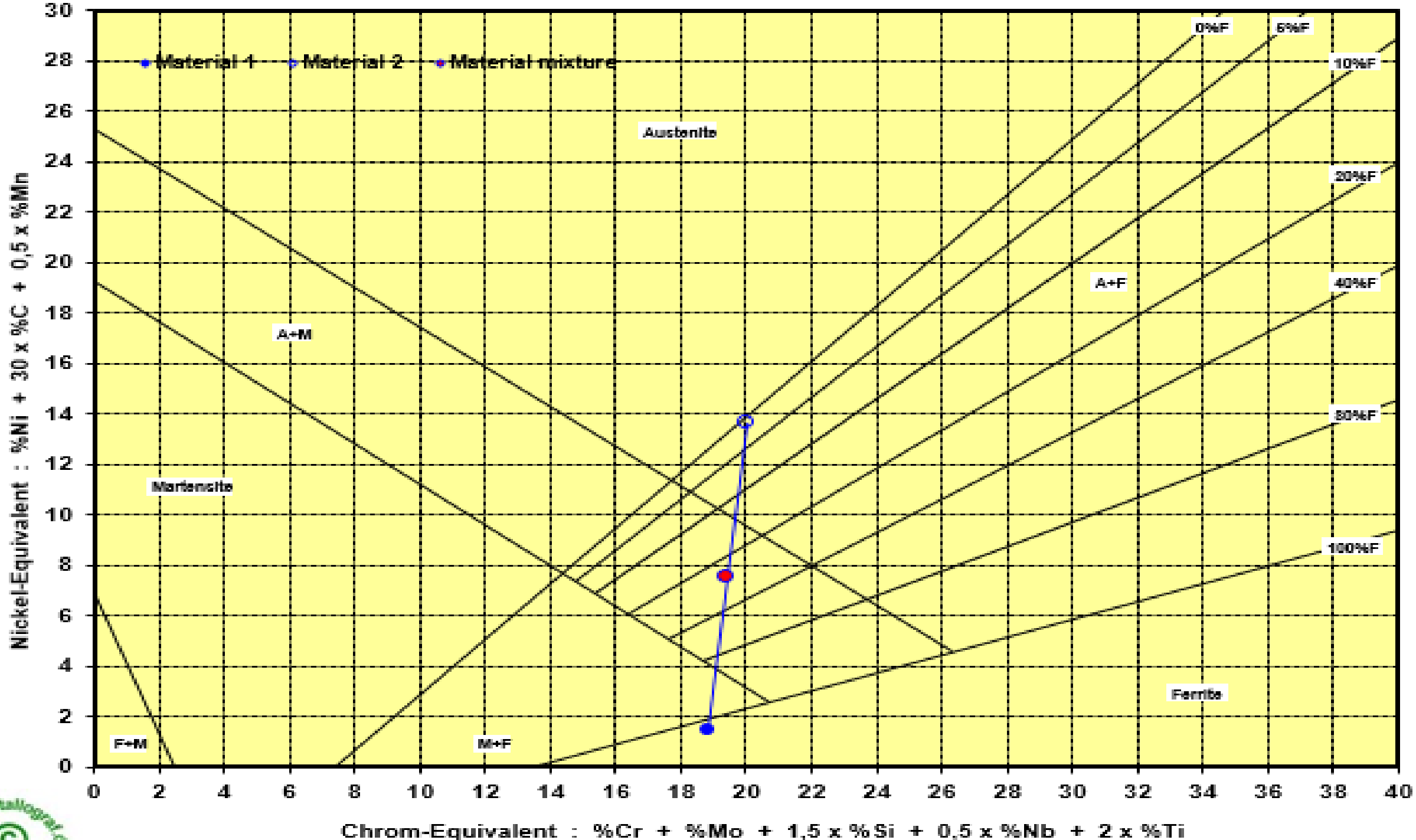
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
\bar{x}	0.023	0.44	2.26	0.047	0.0049	17.01	2.03	14.38	0.025
	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	Zr
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
\bar{x}	0.036	0.021	<0.0050	0.014	0.046	<0.040	<0.010	<0.0020	0.0087
	B	Fe							
	%	%							
\bar{x}	0.0021	63.6							

UTILIZACION DE HERRAMIENTAS

Possible microstructures according to the Schaeffler diagram

Welding seam without filler metal

Formulae for calculation :	Chromium-Equivalent = %Cr + %Mo + 1,5 x %Si + 0,5 x %Nb + 2 x %Ti		
	Nickel-Equivalent = %Ni + 30 x %C + 0,5 x %Mn		
Free entry fields :	Cells colored ice blue		
Material numbers	Material 1 : 1.4113	Material 2 : 1.4404	Material mixture :
Distinctive features	Sample 30 x 20 mm		
Composition	Material 1	Material 2	Mixture 50/50
	%	%	%
Carbon - C	0,040	0,020	0,030
Silicon - Si	0,500	0,500	0,500
Manganese - Mn	0,500	1,000	0,750
Chromium - Cr	17,000	17,050	17,025
Molybdenum - Mo	1,100	2,250	1,675
Nickel - Ni	0,000	12,500	6,250
Niobium - Nb	0,000	0,000	0,000
Titanium - Ti	0,000	0,000	0,000
Calculated equivalents	Material 1	Material 2	Material mixture
Nickel-Equivalent	1,45	13,60	7,53
Chromium-Equivalent	18,85	20,05	19,45

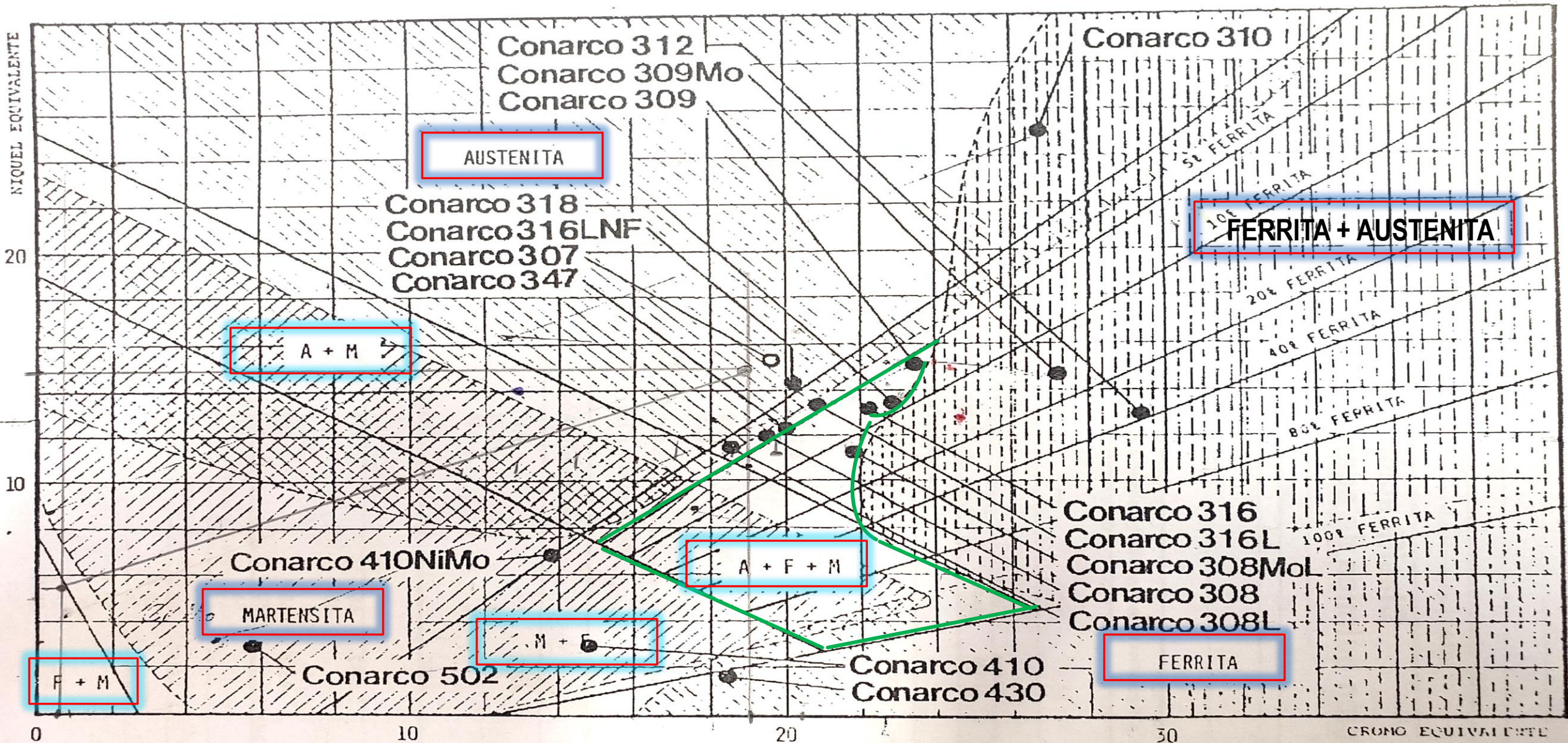




APLIQUEMOS NUESTRO CASO



UBICACION EN EL DIAGRAMA DE SCHAEFFLER DE LOS ELECTRODOS INOXIDABLES CONARCO



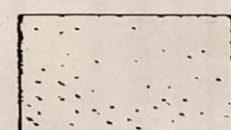
FISURACION EN FRIO



FISURACION EN CALIENTE



FORMACION DE FASE SIGMA



CRECIMIENTO DE GRANO



Gracias por su atención