



GERDAU

CORSA

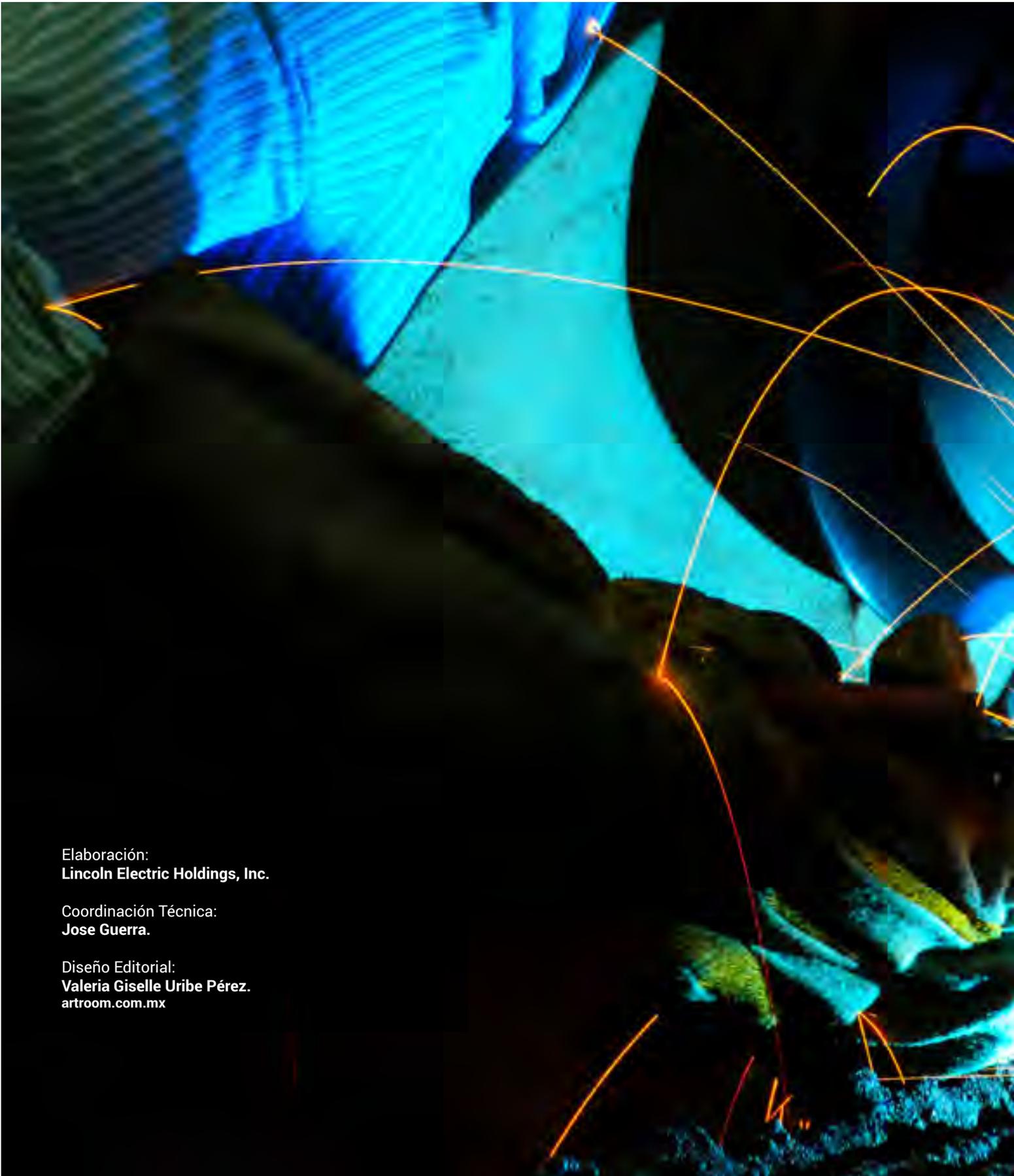
El futuro se moldea



INDUCCIÓN AL PROCESO
DE FABRICACIÓN DE
ELEMENTOS SOLDADOS PFES

Gerdau Corsa. El futuro se moldea.

gerdaucorsa.com.mx



Elaboración:
Lincoln Electric Holdings, Inc.

Coordinación Técnica:
Jose Guerra.

Diseño Editorial:
Valeria Giselle Uribe Pérez.
artroom.com.mx

CONTENIDO

Objetivo

1. Introducción
2. Proceso Productivo
3. Documentos
4. Código AWS "Estructural"
5. Componentes de un Procedimiento de Soldadura
6. Aspectos Metalúrgicos en el Proceso de Soldadura
7. Control de Temperatura
8. Inspección
9. Simbología
10. Puntos Considerados para la Aplicación de Soldadura
11. Almacenamiento y Acondicionamiento de la Soldadura

OBJETIVO

Identificar cada una de las etapas que intervienen en el Proceso de Fabricación de Elementos Soldados, para el logro de una buena soldadura.

1. INTRODUCCIÓN

La soldadura por arco eléctrico, es una ocupación segura cuando se toman las medidas necesarias y/o suficientes para proteger al soldador de posibles riesgos.

Cuando se pasan por alto o se ignoran estas medidas, los soldadores pueden encontrarse con peligros como el choque eléctrico, sobreexposición a humos y gases, radiación de arco, e incendio y explosión; que pueden provocar lesiones graves o aun fatales.

Existen algunas normas nacionales como la ANZI Z49.1 que refieren a las medidas de seguridad para soldar y cortar de forma segura. Algunas de las medidas son las siguientes:

- Usar el equipo de seguridad necesario.
- Siempre tener cuidado y limpieza del lugar de trabajo.
- Hacer uso de la careta de soldar.
- No permitir que el electrodo toque el cilindro del gas.
- Revisar que los cilindros de gas no estén dañados, además que deben estar asegurados con cadena y no al pie de la zona de soldadura.
- Tener la capacitación en el uso del equipo de seguridad, en el manejo de las herramientas y consumibles de trabajo
- Ante cualquier duda preguntar.

2. PROCESO PRODUCTIVO

Es una secuencia de actividades requeridas para elaborar un elemento soldado. La cuidadosa selección de cada una de las etapas y la secuencia de las mismas, facilitará el logro de los principales objetivos de producción:

- RC "Reducción de Costos".
- IP "Incremento de Productividad".
- MC "Mejora Continua".
- Desarrollo del Personal.
- Rentabilidad.

Durante el proceso productivo la gestión de calidad busca que toda firma tenga una "Mejora Continua"; e incremente su productividad. Algunos de los aspectos indispensables que deben cuidarse para alcanzar los objetivos, son los siguientes:

- Calidad.
- Producción.
- Eficiencia.
- Innovación.
- Tecnología.
- Nuevos métodos de trabajo.



Estos conceptos tienen que ver con la productividad a largo y pequeño plazo; con base en lo mucho o poco que se respeten estas cuestiones, dependerá el pronóstico de vida de la compañía.

Por lo tanto se hace de suma importancia cuidar:

1. Que las operaciones sean sólo las necesarias y que tengan una secuencia óptima.
2. Cuidar el transporte; eliminar los trayectos innecesarios, reducir distancias, mejorar el método y mejorar el equipo o medio de transporte.
3. Simplificar y eliminar las inspecciones que no sean necesarias.

A continuación se muestra un flujo para elaborar un elemento soldado.

SECUENCIA PARA ELABORAR UN ELEMENTO SOLDADO





3. DOCUMENTOS

Los códigos, las especificaciones y otros documentos de uso común en la industria, tienen diferencias en cuanto a su extensión, alcance, aplicabilidad y propósito. Rigen y regulan actividades industriales. Las características claves de algunos de estos son:

CÓDIGO (CODE)

Es un conjunto de requisitos y condiciones, generalmente aplicables a uno o más procesos que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos.

ESPECIFICACIÓN

Es una norma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para determinar si los requisitos especificados para el producto han sido cumplidos o no.

NORMAS (STANDARDS)

El término “norma “ tal y como es empleado por la **AWS**, la **ASTM**, la **ASME** y el **ANSI**, se aplica de manera indistinta a especificaciones, códigos, métodos, prácticas recomendadas, definiciones de términos, clasificaciones y símbolos gráficos que han sido aprobados por un comité patrocinador (vigilante), de cierta sociedad técnica y adoptados por esta.

Algunas de las principales entidades que generan las normas relacionadas con la industria de la soldadura son las siguientes:

- ✓ **American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO**
(Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación)
- ✓ **American Bureau of Shipping – ABS**
(Oficina Americana de Barcos)
- ✓ **American Institute of Steel Construction – AISC**
(Instituto Americano de Construcción de Aceros)
- ✓ **American National Standards Institute – ANSI**
(Instituto Nacional Americano de Normas)
- ✓ **American Petroleum Institute – API**
(Instituto Americano del Petróleo)
- ✓ **American Society of Mechanical Engineers – ASME**
(Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
- ✓ **American Water Works Association – AWWA**
(Asociación Americana de Trabajos de Agua)
- ✓ **American Welding Society – AWS**
(Sociedad Americana de Soldadura)
- ✓ **Association of American Railroads – AAR**
(Asociación de Ferrocarriles Americanos)
- ✓ **ASTM, American Society of Testing Materials**
(Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)
- ✓ **ISO International Organization for Standardization**
(Organización Internacional para la Normalización)
- ✓ **SAE Society of Automotive Engineers**
(Sociedad de Ingenieros Automotrices)

4. CÓDIGO AWS “ESTRUCTURAL”

La Sociedad Americana de Soldadura (**AWS**), ofrece más de 200 normas de soldadura que se utilizan en todo el mundo en incontables industrias. Las normas de la **AWS** son seguras y obligatorias debido a que son creadas por comités de profesionales de la soldadura voluntarios bajo la autoridad de la **American National Standards Institute** o **Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI**, por sus siglas en inglés).

Algunos de los códigos de la **AWS** son:

- D1.1/D1.1M: **Structural Welding CODE-STEEL.**

Se utiliza como código para la soldadura de estructuras en aceros al carbono y baja aleación cuando el espesor del metal base es superior a 1/8” (3 mm).

La última edición del código explica los requisitos para diseño, procedimientos, calificaciones, fabricación, inspección y reparación de elementos estructurales en placa y tubería que están sometidos a esfuerzos estáticos o a esfuerzos cíclicos.

Este código es esencial para todo el personal involucrado en la fabricación de estructuras de acero por soldadura: **Ingenieros, detallistas, fabricantes, montaje e inspectores.**

- D1.2/D1.2M: **Structural Welding CODE-ALUMINUM.**
- D1.3/D1.3M: **Structural Welding CODE-SHEET STEEL.**

Cubre la soldadura en aceros al carbono y de baja aleación cuando el espesor nominal del material base es igual a/o menor de 3/16” (4.8 mm): *Pisos metálicos, paneles, bandejas de almacenamiento, escarapes, etc.*

- D1.4/D1.4M: **Structural Welding CODE-REINFORCING STEEL.**
Cubre la soldadura de acero de refuerzo para concreto.
- D1.5M/D1.5: **AASHTO/AWS BRIDGE WELDING CODE.**

Contiene los requerimientos de la AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), para la fabricación de puentes por soldadura en aceros al carbono y de baja aleación. Cubre lo referente a inspección, calificación, detalles estructurales, soldadura con espárragos, detalles de las juntas soldadas, requisitos de habilidad y otros.

- D1.6/D1.6M: **Structural Welding CODE-STAIN LESS STEEL**
- D1.8/D1.8M: **Structural Welding CODE-SEISMIC SUPPLEMENT**

Suplemento al AWS D1.1.

Aplicable a juntas soldadas en sistemas resistentes a cargas sísmicas diseñadas según los Requisitos Sísmicos de la AISC. **American Institute of Steel Construction – AISC** (*Instituto Americano de Construcción de Aceros*).

Cubre controles adicionales muy detallados sobre materiales, habilidad, ensayos e inspección necesarios para lograr el grado de desempeño adecuado en la fabricación de estructuras soldadas en acero sometidas a condiciones de deformaciones inelásticas inducidas por terremotos.

- D1.9/D1.9M: **Structural Welding CODE-TITANIUM**

Códigos de AWS Sheet Metal:

- D9.1M/D9.1: **Sheet Metal WELDING CODE**
- D1.3/D1.3M: **Structural Welding CODE-SHEET STEEL**

5. COMPONENTES DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

La calificación de procedimientos y soldadores genera ahorros, porque cuando el personal y los métodos de fabricación han sido probados, es menos probable que haya costos excesivos causados por rechazos de uniones soldadas y, por ende, demoras en la entrega de los elementos y a su vez los proyectos.

Algunos de los procedimientos en soldadura son los siguientes:

- **WPS** (Welding Procedure Specification "Especificación del Procedimiento de Soldadura").
- **PQR** (Procedure Qualification Record "Registro de Calificación de Procedimiento").
- **WPQ** (Welding (Welder) Performance Qualification "Calificación de la Habilidad del Soldador").
- **WPS** (Especificación de procedimiento de soldadura).

Preparado por un departamento de Soldadura (CWI), para dar instrucciones precisas al personal que ejecuta y al que inspecciona las uniones soldadas de acuerdo al código.

El propósito es definir y documentar todos los detalles que se deben tener en cuenta al soldar materiales o partes específicas.

Por ello también la importancia de tener el personal capacitado, equipos calibrados, ambiente seguro, "trabajo en equipo".

PQR

(REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO)

Documento que valida y respalda una **WPS**, en el cual se registran:

1. Los valores reales de las variables del procedimiento de soldadura usado para ejecutar una calificación en una probeta soldada (cupón de prueba).
2. Los valores de los resultados obtenidos de las pruebas y ensayos efectuados a la misma.

WPS		ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Nombre de la Empresa: <u>TESIS</u>		Identificación No.: <u>1</u>						
Proceso(s) de soldadura: <u>SMAW</u>		Soporte del PQR No.: <u>1</u>						
TIPO: MANUAL <input type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/>		Revisión: _____ Fecha: _____ Por: _____						
Soldador: <u>Marcos Acosta (M.A.)</u>		Autorizado por: _____						
DISEÑO DE UNIÓN		POSICIÓN						
Tipo de Unión: <u>a</u> Tipo _____		RANURA <u>3G</u> FILETE _____						
Tipo de soldadura: <u>Ranura en V</u> SIMPLE <input type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/>		PLANCHA <input type="checkbox"/> TUBERÍA <input type="checkbox"/>						
Abertura de Raíz: <u>3.2 mm</u> Longitud de cara de Raíz: <u>3.2 mm</u>		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS						
Ángulo de ranura: <u>60°</u> RADIO (J/U): _____		MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW):						
Soporte: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Material de soporte: _____		CORTO CIRCUITO: <input type="checkbox"/>						
Limpieza de raíz: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>		GLOBULAR: <input type="checkbox"/>						
MATERIAL BASE		SPRAY: <input type="checkbox"/>						
Grupo: <u>MB 1</u> <u>MB 2</u>		CORRIENTE: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input type="checkbox"/>						
Especificación del Acero: _____		PULSO <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/>						
Grado: _____		TÉCNICA						
Espesor de plancha: <u>9.5 mm (3/8")</u>		APORTACIÓN: RECTA <input type="checkbox"/> OSCILANTE <input type="checkbox"/>						
Diámetro (tubería): _____		PASE: SIMPLE <input type="checkbox"/> MULTIPLE <input type="checkbox"/>						
METAL DE APORTE		Limpieza entre gases: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>						
Especificación AWS: <u>A 5.1</u>		PRECALENTAMIENTO						
Clasificación AWS: <u>E 6011 Y E 7018</u>		Temperatura de precalentamiento: _____						
Marca: <u>INDURA</u>		Temperatura de interpaso: _____						
Tamaño del electrodo: <u>3.2 mm</u>		POSTCALENTAMIENTO						
PROTECCIÓN		Temperatura: _____						
Fundente: <u>Flux</u> Gas: _____		Tiempo: _____						
Composición: _____								
Velocidad de flujo: _____								
Tamaño de la boquilla: _____								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Prueba	Proceso	Protección	Método de Aporte	Corriente	Substrato de referencia del electrodo (mm)	Volumen de avance (mm/min)	Detalle de la Unión	
1	SMAW	ASCEND.	E 6011	3.2	DCEP	105	17-19	84
2	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21	127
3	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21	64
ELABORADO POR: _____				FECHA: _____				
APROBADO POR: _____				COMPAÑÍA: _____				

Imagen: Especificaciones del procedimiento de soldadura.

FQR		RESULTADOS DE LOS ENSAYOS					
ENSAYO DE TENSIÓN							
PROBETA No.	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA SECCIÓN (mm ²)	CARGA DE FLECCIÓN (kg)	ESFUERZO DE FLECCIÓN ESPESOR (kg)	ESFUERZO DE FLECCIÓN DE META. BASE (kg)	LOCALIZACIÓN DE LA ROTURA
1	20.8	6.3	112.2	4020	36.1	34	FUERA DE SOLDADURA
2	20.2	7.7	155.5	4020	44.1	34	FUERA DE SOLDADURA
ENSAYO DE DOBLADO GUIADO							
TIPO	RESULTADO	TIPO	RESULTADO				
Transversal de Cara	APROBADO	Transversal de Raíz	APROBADO				
Transversal de Cara	APROBADO	Transversal de Raíz	APROBADO				
ENSAYO DE TENACIDAD							
PROBETA No.	UBICACIÓN ENTALLA	TIEMPO DE ENTALLA	TEMPERATURA DE ENSAYO	VALOR DE IMPACTO	EXPANSIÓN LATERAL % CORTEABLES	ENSAYO DE CADA DE PESO 100% NO ROTA	
INSPECCIÓN VISUAL							
APARIENCIA	ACEPTIBLE	ENSAYO DE RADIOGRAFÍA					
SOCAMAMIENTO	NINGUNO	RESULTADO: APROBADO Fecha de ensayo: mayo/02					
POROSIDAD GRANDE	NINGUNA	INSPECCIONADO POR: M.A.C.					
CONVEJIVIDAD	NINGUNA	ENSAYO DE ULTRASONIDO					
FECHA DE ENSAYO:	Abril 2002	RESULTADO: Fecha de ensayo:					
INSPECCIONADO POR:	M.A.C.	INSPECCIONADO POR:					
NOMBRE DEL SOLDADOR: <u>Marcos Acosta (M.A.)</u> NOMBRE DEL SOLDADOR: _____							
ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: _____ ENSAYOS CONDUCTIDOS POR: _____							
Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las pruebas de soldadura han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Código AWS D 1.1 para Acaros Estructurales, Sección 4.							
ELABORADO POR: _____ APROBADO POR: _____ FECHA: _____							

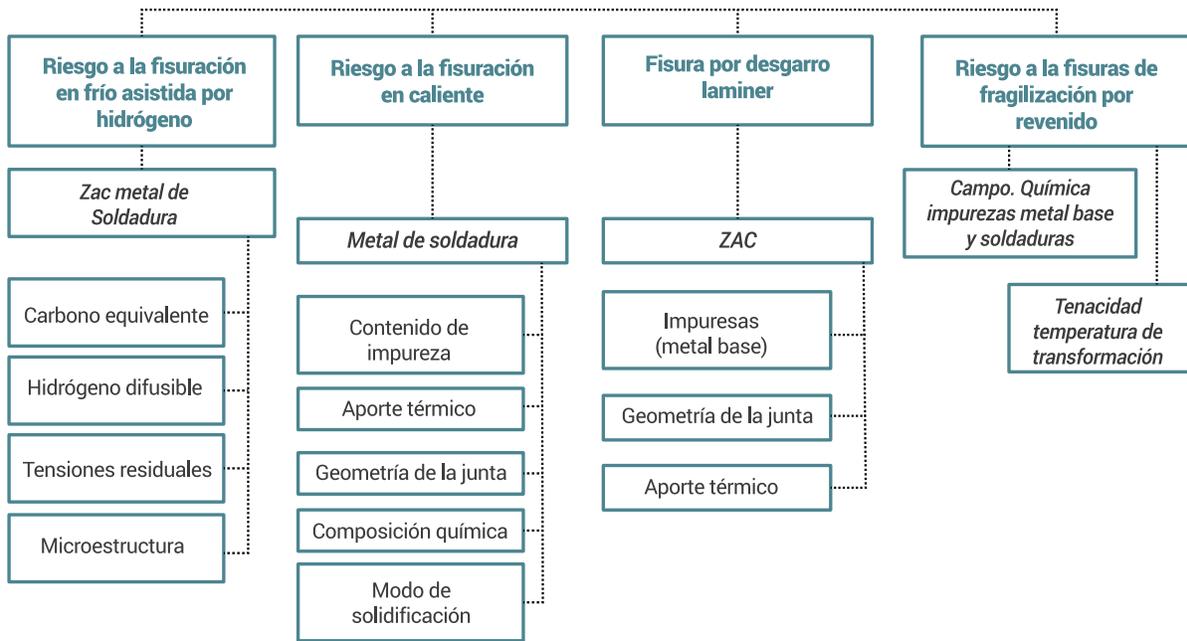
Imagen: Registro de Calificación.

WPQ

(CALIFICACIÓN DE LA HABILIDAD DEL SOLDADOR)

Rige y califica al soldador y la soldadura que aplica. Se observa su capacidad, y se califica su destreza y conocimiento a la hora de soldar.

6. ASPECTOS METALÚRGICOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA



7. CONTROL DE TEMPERATURA

CONTROL DE TEMPERATURA AL INICIO (PRECALENTAMIENTO):

Es importante que independientemente del espesor de la placa, se elimine la humedad mediante un ligero calentamiento de la misma. De acuerdo al espesor de la placa y sus propiedades, es necesario un precalentamiento de la misma, lo cual evita la generación de fisuras en frío.

CONTROL EN RELEVADO DE ESFUERZOS:

Como el área de calentamiento es una pequeña sección (puntal), la dilatación del metal juega un papel fundamental, de tal forma que las áreas aledañas frías en el material base, impiden una dilatación adecuada, produciendo con ello zonas con granos mas pequeños (Zona Afectada por el Calor "ZAC" con esfuerzos internos), con un tamaño de grano más grande y como consecuencia, una dureza mas elevada de lo permitido.

El relevado de esfuerzos es un proceso que tiene por objetivo liberar los esfuerzos residuales generados por procesos de manufactura tales como maquinados profundos forja o soldadura.

CONTROL DE TEMPERATURA ENTRE CORDONES Y SECUENCIA DE SOLDADURAS

El calor inducido tiene que ser controlado en el arco de soldadura, este puede ocasionar además de la deformación de la geometría de la pieza, un cambio en la estructura del metal base, perdiendo flexibilidad y aumentando su fragilidad.

VARIABLES DURANTE LA APLICACIÓN

- WFS (*velocidad de alimentación del alambre*).
- Amperaje.
- Voltaje.
- Penetración.
- Ángulos.
- Distancias.
- Posición.
- Tiempos.
- Tipo de junta.
- Gas (flujo) o fundente.
- Técnica.
- Dirección.
- Tamaño de cordón.
- Longitud de cordón.
- Forma de cordón.
- Control de temperaturas.
- Control del charco.
- Corrientes de aire.
- Conexiones (bornes, tierras).
- Longitud y calibre de cables (alimentación y trabajo).
- Evitar sopro magnético.
- Posición de la pinza de tierra.
- Pinzas de tierra correctas.
- Pistolas, antorchas, porta electrodo correcto.
- Soportes.
- Respaldos.
- Secado y/o mantenimiento de soldadura.
- Secuencia de cordones.
- Relevado de esfuerzos.



8. INSPECCIÓN

Busca garantizar que la pieza cumple con los procedimientos de trabajo, mismos que a su vez cumplen con las normas y códigos; y por lo tanto, con las expectativas del cliente, lo cual se traduce en un beneficio para este.

La inspección busca que todo se cumpla en tiempo y forma. Para ello se sirve de los ensayos o pruebas no destructivas. El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes o partes fabricadas.

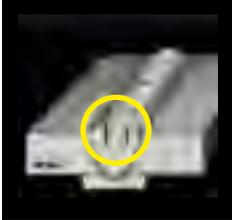
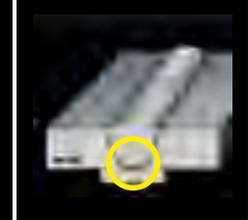
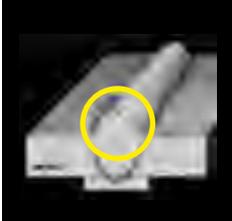
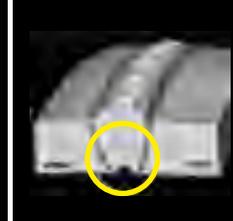
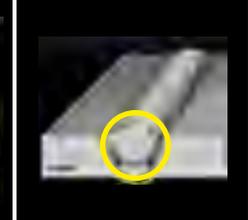
<p>POROSIDAD</p> 	<p>SOCAVADO</p> 	<p>FUSIÓN INCOMPLETA</p> 	<p>JUNTA DE PENETRACIÓN INCOMPLETA</p> 
<p>POSIBLE CAUSA Alta longitud de arco, metal base sucio, protección de gas inadecuada.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Use una longitud de arco apropiada, limpie el material base, use el gas apropiado.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Técnica inapropiada de soldadura.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Reducir longitud de arco, velocidad de avance, usar el ángulo apropiado del electrodo.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Soldadura en frío, velocidad de avance lenta o muy rápido.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Incrementa la corriente a usar una apropiada velocidad de avance.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Soldadura en frío, velocidad de avance lenta o muy rápida, diseño de juntas inapropiada.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Incrementa la corriente, usa una apropiada velocidad de avance.</p>
<p>REFUERZO EXCESIVO</p> 	<p>CORDÓN CONCAVADO</p> 	<p>RAIZ CONCAVADA</p> 	<p>UNIFORMIDAD EN EL CORDÓN</p> 
<p>POSIBLE CAUSA Velocidad de avance lenta, soldadura en frío.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Incrementa la velocidad de avance y la corriente.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Material de aporte insuficiente.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Reduzca la velocidad de avance.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Corriente alta, demasiada longitud de arco, cara de la raíz muy pequeña.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Reduzca la corriente, mantenga una apropiada longitud de arco, hacer un ajuste en la junta.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Técnica de aplicación inadecuada.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Mantener una velocidad constante.</p>
<p>PIERNAS DESIGUALES</p> 	<p>CORDÓN TRASLAPADO</p> 	<p>HUELLAS DE ARCO</p> 	<p>INCLUSIONES DE ESCORIA</p> 
<p>POSIBLE CAUSA Ángulo inapropiado del electrodo.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Utilice la técnica correcta de aplicación.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Velocidad de avance demasiado lenta.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Use una velocidad de avance apropiada.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Técnica de aplicación inapropiada.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Iniciar el arco dentro de la junta de soldura.</p>	<p>POSIBLE CAUSA Técnica de aplicación inadecuada.</p> <p>POSIBLE SOLUCIÓN Use una correcta técnica de aplicación, usa una soldadura limpia entre pases.</p>

Ilustración: Discontinuidades superficiales.

FISURACIÓN POR HIDRÓGENO

La fisuración en frío, más correctamente denominada fisuración asistida por hidrógeno, se manifiesta por la aparición de fisuras inmediatamente, o transcurridos minutos y en algunos casos hasta horas después de completada la soldadura. Estas fisuras pueden presentarse en el cordón de soldadura o en la zona afectada por el calor del material base.

Para su aparición requiere de la concurrencia de los siguientes factores:

- 1) **Hidrógeno difusible en el metal de soldadura o en la zona afectada térmicamente del material base.**
- 2) **Una microestructura susceptible, típicamente martensita** (las microestructuras de baja tenacidad como martensita y bainita, son especialmente frágiles cuando están saturadas de hidrógeno).
- 3) **Alto grado de restricción o tensión residual en la junta, por ejemplo tensiones residuales o térmicas** (entallas como mordeduras, falta de penetración e inclusiones).
- 4) **Rango de temperaturas de acuerdo al acero, espesores y juntas.**

Es necesaria la combinación de estos factores para producir una fisura por hidrógeno.

¿CUÁLES SON LAS FUENTES DE HIDRÓGENO?

- Revestimiento orgánico de electrodos.
- Humedad absorbida o contenida por revestimientos de electrodos, especialmente básicos.
- Humedad del fundente en proceso por arco sumergido.
- Humedad absorbida por el alambre tubular.
- Humedad del gas en procesos bajo protección gaseosa.



- 1.- Nivel suficiente de hidrógeno (falta de limpieza en la pieza, humedad, no respetar procedimientos, etc.).
- 2.- Esfuerzos localizados que exceden el YS.
- 3.- Susceptibilidad del material.

Ilustración de factores que intervienen en la producción de fisura por hidrógeno.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS SUPERFICIALES

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Los métodos de **PND** superficiales son:

- **Vt – Inspección visual.**
- **Pt – Líquidos penetrantes.**
- **Mt – Partículas magnéticas.**
- **Et – Electromagnetismo.**

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS VOLUMÉTRICAS

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de **PND** volumétricos son:

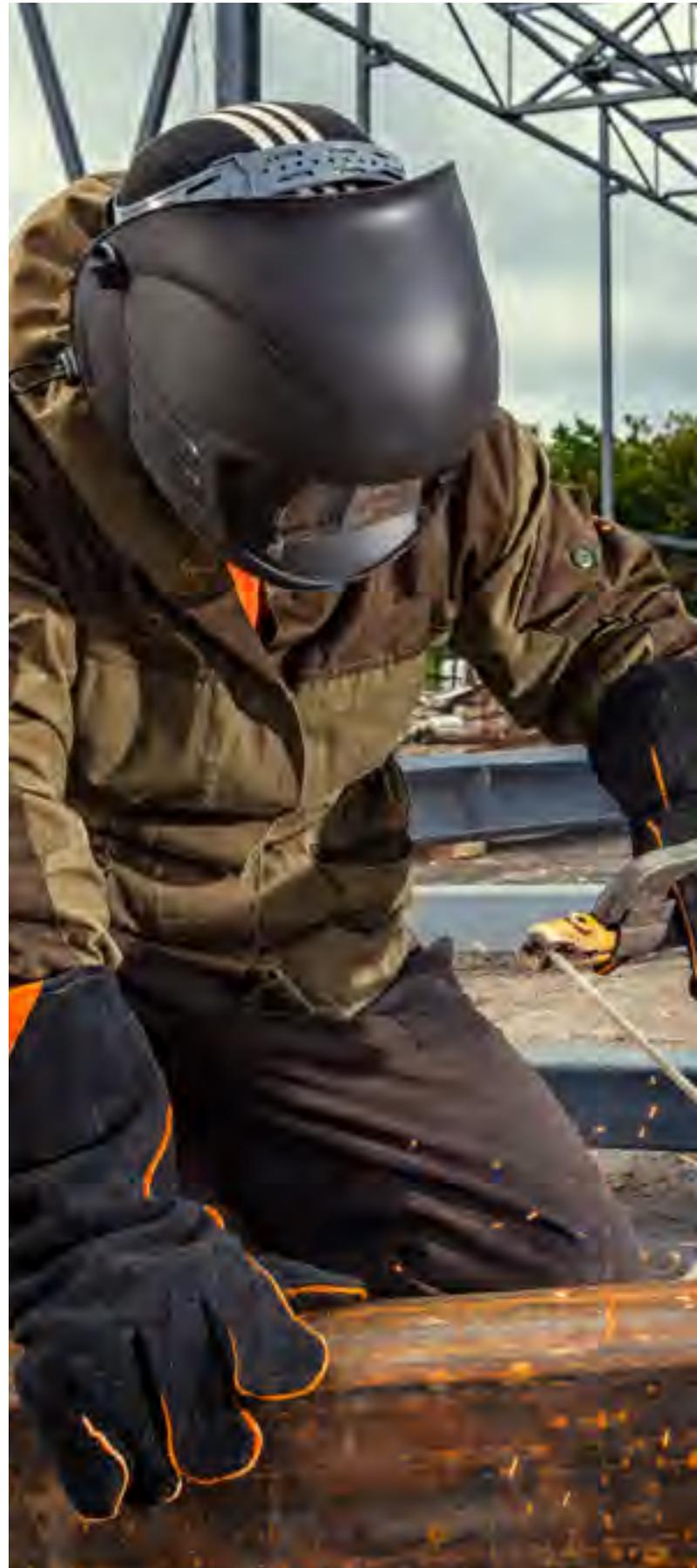
- **Rt – Radiografía industrial.**
- **Ut – Ultrasonido industrial.**
- **Ae – Emisión acústica.**

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE HERMETICIDAD

Estas pruebas proporcionan información del grado en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que escapen a la atmósfera o queden fuera de control. Los métodos de **PND** de hermeticidad son:

- **Pruebas de fuga.**
- **Pruebas por cambio de presión (neumática o hidrostática).**
- **Pruebas de burbuja.**
- **Pruebas por espectrómetro de masas.**
- **Pruebas de fuga con rastreadores de halógeno.**



10. PUNTOS CONSIDERADOS PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA

Los puntos a considerar para la aplicación de soldadura son los siguientes:

SI LA APLICACIÓN ES EN METAL BASE "ACERO":

- Clasificación.
- Espesor(es).
- Posición(es) F y/o G.
- Fabricación y/o montaje.
- Toneladas.
- Documentos:
 - Certificados.
 - Ficha técnica.
- Preparación y/o corte.
- Limpieza.
 - Mecánica.
 - Química.
 - Otra.
- Doble.
- Barrenado.
- Corte manual.
- Oxícorte.
 - Plasma.
 - Mecánico.
 - Desbaste arco-aire.
- Corte mecánico.
 - Oxícorte.
 - Plasma.
 - Mecánico.
 - Desbaste arco-aire.
- Corte automático.
 - Oxícorte.
 - Plasma.
- Robotizado.
 - Plasma.

METAL DE APORTE "SOLDADURA"

PROCESO Y/O MODO DE SOLDADURA

Manual

- **SMAW** (soldadura por arco eléctrico).
- **GTAW** (soldadura con electrodo de tungsteno).

Semi

- **GMAW, GMAW-C** (soldadura de alambre con gas).
- **FCAW-GS, FCAW-SS** (Proceso de alambre tubular con núcleo de fundente auto-protegido).

Mecánico

- **GMAW, GMAW-C** (Soldadura de alambre con gas).
- **FCAW-GS, FCAW-SS** (Proceso de alambre tubular con núcleo de fundente auto-protegido).
- **SAW** (Alambre para arco sumergido).

Automático

- **GMAW, GMAW-C** (Soldadura de alambre con gas).
- **FCAW-GS, FCAW-SS** (Proceso de alambre tubular con núcleo de fundente autoprotegido).
- **SAW** (Alambre para arco sumergido).
- **Plasma.**

Robotizado

- **GMAW, GMAW-C** (Soldadura de alambre con gas).
- **FCAW-GS, FCAW-SS** (Proceso de alambre tubular con núcleo de fundente auto-protegido).
- **SAW** (Alambre para arco sumergido).
- **Plasma.**



ASTM A572 ESTRUCTURAL DE ALTA RESISTENCIA: NIOBIO (COLUMBIO)-VANADIO.

A continuación se presenta la clasificación de electrodos a utilizar de acuerdo a la aplicación estructural:

G	SMAW	SAW	GMAW/-C	FCAW-SS	FCAW-GS
42	E70X8/E7018-1	A5. 17 F7AX	ER70S-3, ER70S-6, E70C-6M H4, E70C-6M HB	E70T-10, E71T-11, E71T-14	E71T-1, E70T-1
50	E70X8/E7018-1	A5. 17 F7AX	ER70S-3, ER70S-6, E70C-6M H4, E70C-6M HB	E70T-10, E71T-11, E71T-14	E71T-1, E70T-1
55	E70X8/E7018-1	A5. 17 F7AX	ER70S-3, ER70S-6, E70C-6M H4, E70C-6M HB	E70T-10, E71T-11, E71T-14	E71T-1, E70T-1
60	E8018-C3 MR	980/LA75, 860/LA85	LA75	N/A	E81T1-K2M-J, E81T1-Ni1M-J
65	E8018-C3 MR	980/LA75, 860/LA85	LA75	N/A	E81T1-K2M-J, E81T1-Ni1M-J

El **acero A572** es utilizada en una variedad de aplicaciones estructurales incluyendo estructura metálica, cimentaciones, silos, tolvas, vigas, puentes, edificios, equipo de construcción, vagones de carga, maquinaria, piezas de camión y torres de transmisión.

Es producida en cinco grados: **42, 50, 55, 60 y 65.**

Requisitos de equipo, mano de obra y material:

- **Para la operación de los equipos (fuente-alimentación), se necesita que estos estén: calibrados, que tengan Manuales de Operación, así como los Manuales de Mantenimiento.**
- **En cuanto a los Soldadores y/o Operadores, previo a la aplicación correcta, se debe cubrir la capacitación "DC3", tener el conocimiento y apegarse correctamente a la interpretación de planos y apegarse al estandar "WPS".**
- **Los accesorios y combustibles tales como pinzas de tierra, cales de fuerza, rodillos, guías, pistolas, antorchas, quijadas, puntas, etc; deben estar en buen estado.**

11. ALMACENAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SOLDADURA

ALAMBRES:

La oxidación y/o humedad en la superficie del alambre, puede deteriorar las propiedades mecánicas del metal de soldadura (cordón).

Cuando no esté en uso, los alambres deben colocarse en bolsas de polietileno selladas (espesor mínimo de 4 milésimas de pulgada), o equivalente, y sellado de la mejor manera posible.

Se recomienda su uso dentro de una semana de abrir el empaque original.

Si se expone a la humedad, descartar cualquier alambre oxidado (eliminar vueltas).

- Después de su exposición, los niveles de hidrógeno se puede reducir por el acondicionamiento del alambre (sólido). Pueden estar a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ ($212^{\circ}\text{F} \pm 25^{\circ}\text{F}$), durante un período de 6 a 12 horas, se deja enfriar y enseguida se almacena en un bolsas de polietileno selladas (espesor mínimo de 4 milésimas de pulgada), o equivalente.
- Los alambre en carretes de plástico no se deben exponer a temperaturas por encima de 65°C (150°F).

SECADO DEL FUNDENTE

Los fundentes aglomerados deben almacenarse en sacos de plástico, requieren las siguientes condiciones de acondicionamiento a fin de evitar una absorción excesiva de humedad.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO:

- De 0 a 6 meses: Utilizar tal cual.
- Pasando 6 meses a 3 años: Secar de 1 a 2 horas entre $300\text{-}375^{\circ}\text{C}$.
- La operación de secado se recomienda no efectuarse más halla de 4 veces.
- El fundente secado , listo para la soldadura, se mantendrá seco durante un tiempo ilimitado, por ello importante mantenerlo a una temperatura de 50 a 120°C (ver recuperadores de fundente).

SECADO ELECTRODOS

Condiciones de re-sacado para bajo hidrógeno.

CONDICIÓN	TEMPERATURA DE PRE-SECADO (1)	TEMPERATURA DE RESECADO FINAL
Electrodos expuestos al aire por menos de una semana: sin contacto directo con el agua	--	$370^{\circ} - 430^{\circ}\text{C}$ ($700^{\circ} - 800^{\circ}\text{F}$)
Electrodos que han estado en contacto directo con agua o que han estado expuestos a alta humedad (mientras no se vea comprometido el revestimiento)	$80 - 105^{\circ}\text{C}$ ($180^{\circ} - 220^{\circ}\text{F}$)	$370^{\circ} - 430^{\circ}\text{C}$ ($700^{\circ} - 800^{\circ}\text{F}$)

*Pre-secado 1-2 horas.



DIRECTORIO

OFICINAS COMERCIALES

T. +52 55 5262 7300 / Av. Ejército Nacional 216 P.2, Anzures, Miguel Hidalgo, CDMX, 11590

PLANTAS

CD. SAHAGÚN

T. +52 791 913 8105 / Km. 3 Ctra. Mex – Cd. Sahagún, Zona Ind. Tepeapulco, Cd. Sahagún, Hidalgo, 43990

TULTITLÁN

T. +52 55 5894 0044 / 2487 2065 / Primera Sur S/N, Independencia, Tultitlán, Edo. de México, 54915

LA PRESA

T. +52 55 5003 4030 / 5062 1916 / Av. La Presa 2, Zona Industrial La Presa, Tlalnepantla, Edo. De México, 54187

DISTRIBUCIÓN

CDMX

T. +52 55 5089 8930 / Año 1857 8, Ticomán, Gustavo A. Madero, CDMX, 07330

MONTERREY

T. +52 81 8748 7610 / Blvd. Carlos Salinas de Gortari 404, Centro Apodaca, Nuevo León, 66600

PATIOS DE CHATARRA Y CENTROS DE RECOLECCIÓN

CD. SAHAGÚN

T. +52 791 9138 105 / Km. 3 Ctra. Mex – Cd. Sahagún, Zona Ind. Tepeapulco, Cd. Sahagún, Hidalgo, 43990

LA PRESA

T. +52 55 5003 4030 / 5062 1916 / Av. La Presa 2, Zona Industrial La Presa, Tlalnepantla, Edo. de México, 54187

LOS REYES

T. +52 55 5856 1651 / Tepozanes Los Reyes, Acaquilpan, México, 56428

GUADALAJARA

T. +52 33 3668 0285 / 36702769 / Av. 18 de Marzo 531, La Nogalera, Guadalajara, Jalisco, 44470

SAN JUAN

T. +52 55 2603 3275 / 5262 7359 / San Juan 675, Granjas Modernas, CDMX, 07460

TULTITLÁN

T. +52 55 5894 0044 / 2487 2065 / Primera Sur S/N, Independencia, Tultitlán, Edo. de México, 54915

VERACRUZ

T. +52 229 923 1359 / Ctra. Fed. Aluminio L. 7 o Camino Puente Roto Km. 1.5, Nuevo Veracruz, Veracruz, 91726



GERDAU CORSA

El futuro se moldea

Somos más allá del acero.

gerdaucorsa.com.mx



Gerdau Corsa. El futuro se moldea.