

Curso de soldadura electrodo + Mig/mag 40h

1.1. ¿Qué es la soldadura? Tipos de soldadura

La soldadura es un proceso de unión de materiales, generalmente metales, mediante la aplicación de calor para fundir las piezas y, en algunos casos, un material de aporte que facilita la unión.

Tipos de soldadura

Existen varios tipos de soldadura, entre los más utilizados están:

- **Soldadura por arco eléctrico:**
 - Electrodo revestido (SMAW)
 - MIG/MAG (GMAW)
 - TIG (GTAW)
- **Soldadura por resistencia**
- **Soldadura por gas (oxiacetilénica)**
- **Soldadura por láser y ultrasonidos** (menos comunes en procesos manuales)

1.2. Seguridad en la soldadura: Equipos de protección personal (EPP), riesgos y precauciones

Equipos de protección personal (EPP)

Para realizar soldaduras de forma segura, es imprescindible el uso de los siguientes elementos de protección:

- **Casco de soldador** con filtro adecuado para la intensidad de la soldadura.
- **Guantes de cuero** para evitar quemaduras.
- **Ropa ignífuga** de manga larga para proteger la piel.
- **Punteras y botas de seguridad** para evitar quemaduras en los pies.
- **Mascarilla para humos** o extractor en espacios cerrados para evitar inhalación de gases tóxicos.

Riesgos y precauciones

- **Quemaduras:** Evitar el contacto con metal caliente y proyecciones.
- **Electrocución:** Mantener equipos en buen estado y evitar trabajar en ambientes húmedos.
- **Inhalación de humos tóxicos:** Trabajar en espacios ventilados o con extracción de humos.
- **Daños oculares:** Uso obligatorio de filtro adecuado en el casco de soldadura.

1.3. Materiales de soldadura: Electrodo, metales base, gases...

Electrodos

Los electrodos pueden clasificarse en:

- **Electrodos revestidos** (rutilos, básicos, celulósicos)
- **Hilos continuos** (para soldadura MIG/MAG y FCAW)
- **Varillas de tungsteno** (para TIG)

Metales base

Los materiales a soldar varían según el proceso y aplicación:

- Aceros al carbono
- Aceros inoxidables
- Aluminio
- Aleaciones especiales

Gases de protección

- **Argón:** Usado en TIG y MIG para soldadura de aluminio y acero inoxidable.
- **CO₂:** Usado en MIG/MAG para soldaduras de acero al carbono.
- **Mezclas de argón y CO₂:** Mejoran la estabilidad del arco y reducen salpicaduras.

1.4. Equipo de soldadura: Máquina de soldar, pinza porta electrodo, masa, cable...

Componentes del equipo de soldadura por arco

1. **Máquina de soldar:** Puede ser transformador, rectificador o inversor.
2. **Pinza portaelectrodo:** Sujeta el electrodo y transmite la corriente.
3. **Pinza de masa:** Cierra el circuito eléctrico.
4. **Cables de soldadura:** Conectan la máquina con la pinza y la masa.
5. **Fuente de alimentación:** Controla el voltaje y la corriente de soldadura.

Práctica

2.1. Familiarización con el equipo de soldadura

- Identificar cada componente del equipo.
- Realizar inspección visual para detectar fallos o desperfectos.
- Ajustar la configuración de la máquina según el tipo de electrodo y material base.

2.2. Práctica de encendido del arco

1. Posicionar la pieza de trabajo y la pinza de masa correctamente.
2. Encender la máquina de soldar y seleccionar la corriente adecuada.
3. Practicar la iniciación del arco:
 - **Técnica de rascado** (similar a encender un fósforo).
 - **Técnica de golpeo** (levantar el electrodo ligeramente después del contacto).
4. Mantener una distancia adecuada entre el electrodo y la pieza para estabilizar el arco.

2.3. Ejecución de cordones de soldadura en posición plana

1. **Ejercicio inicial:** Realizar cordones rectos sobre una placa de acero.
2. **Corrección de defectos:** Observar y corregir problemas como:
 - Falta de fusión.
 - Exceso de salpicaduras.
 - Mala penetración.
3. **Variación de parámetros:** Ajustar velocidad de avance, corriente y posición del electrodo para evaluar su efecto en la soldadura.

TÉCNICAS DE SOLDADURA CON ELECTRODO

La soldadura con electrodo revestido (SMAW, por sus siglas en inglés) es una de las técnicas más utilizadas en la industria metalúrgica. Su versatilidad, facilidad de aplicación y capacidad para soldar en distintas posiciones y materiales hacen de esta técnica una de las más demandadas.

1. TEORÍA

1.1. Parámetros de Soldadura: Amperaje, Voltaje y Velocidad de Avance

Los parámetros de soldadura influyen directamente en la calidad, resistencia y apariencia de la unión soldada. Controlarlos adecuadamente es clave para obtener un cordón de soldadura óptimo.

- **Amperaje:** Es la intensidad de corriente que fluye a través del electrodo. Afecta directamente la penetración de la soldadura en el material base.
 - **Amperaje bajo:** Puede generar una fusión insuficiente y una unión deficiente, además de dificultar el encendido del arco eléctrico.
 - **Amperaje alto:** Puede provocar sobrecalentamiento, aumento de salpicaduras y perforaciones en el material.
- **Voltaje:** Controla la estabilidad del arco y afecta la forma y calidad del cordón de soldadura.
 - **Voltaje bajo:** Puede generar un arco inestable, defectos en la fusión y acumulación excesiva de material en la junta.
 - **Voltaje alto:** Produce un arco más largo, reduciendo la penetración y aumentando la posibilidad de defectos como la porosidad.
- **Velocidad de avance:** Es la rapidez con la que el soldador mueve el electrodo sobre la junta.
 - **Avance lento:** Puede generar un cordón excesivamente ancho con riesgo de sobrecalentamiento.
 - **Avance rápido:** Puede provocar una falta de fusión y defectos en la unión.

Cada electrodo tiene una combinación ideal de amperaje y voltaje recomendada por el fabricante. Es fundamental ajustar estos parámetros según el tipo de electrodo, el espesor del material y la posición de soldadura.

1.2. Geometría de la Soldadura: Penetración, Refuerzo y Perfil del Cordón

La geometría del cordón de soldadura es un aspecto crucial que determina la resistencia mecánica y la calidad de la unión.

- **Penetración:** Es la profundidad a la que el metal base se fusiona con el material de aporte. Una penetración insuficiente puede comprometer la resistencia de la soldadura.
 - Factores que influyen en la penetración:
 - Amperaje (a mayor amperaje, mayor penetración).
 - Tipo y diámetro del electrodo.
 - Posición de soldadura.
 - Limpieza de la superficie.
 - **Refuerzo:** Se refiere al material adicional depositado sobre la junta. Aunque un cierto nivel de refuerzo es necesario para garantizar la resistencia de la soldadura, un exceso puede indicar un mal control del proceso.
 - Un refuerzo excesivo puede generar tensiones internas y aumentar el consumo de material.
 - Un refuerzo insuficiente puede indicar falta de material aportado y menor resistencia mecánica.
 - **Perfil del Cordón:** La forma del cordón de soldadura debe ser uniforme y libre de defectos. Un perfil adecuado garantiza una distribución homogénea de tensiones y una mayor resistencia de la unión.
 - Un perfil demasiado convexo indica un avance lento y acumulación excesiva de material.
 - Un perfil cóncavo puede indicar una fusión incompleta y menor resistencia estructural.
-

1.3. Defectos de Soldadura y sus Causas

Los defectos en la soldadura pueden comprometer la resistencia y durabilidad de la unión. Algunos de los más comunes son:

- **Porosidad:** Son cavidades causadas por la presencia de gases atrapados en el material fundido.
 - **Causas:**
 - Contaminación del metal base (óxidos, grasas, humedad).
 - Electrodo con revestimiento húmedo.
 - Uso de un arco demasiado largo.
- **Grietas:** Son fracturas en el cordón de soldadura que pueden ser frías (ocurren después de solidificarse) o calientes (se producen durante la solidificación).
 - **Causas:**
 - Enfriamiento rápido de la soldadura.
 - Tensiones internas debido a una mala preparación de la junta.
 - Uso de material de aporte inadecuado.

- **Falta de fusión:** Ocurre cuando el material de aporte y el metal base no se combinan correctamente, generando una unión débil.
 - **Causas:**
 - Baja temperatura del arco.
 - Velocidad de avance demasiado rápida.
 - Superficies de soldadura mal preparadas.
 - **Inclusiones:** Se producen cuando partículas extrañas, como escoria o impurezas, quedan atrapadas dentro del cordón.
 - **Causas:**
 - Eliminación inadecuada de escoria entre pases.
 - Mala técnica de aplicación de soldadura.
-

2. PRÁCTICA

2.1. Soldadura en Diferentes Posiciones

En la soldadura con electrodo, la posición de trabajo influye en la técnica y la configuración de los parámetros.

- **Plano (PA/1G):** Es la posición más fácil y permite una buena penetración y control del cordón.
 - **Cornisa (PC/2G):** Se realiza en posición horizontal, donde la gravedad puede afectar la distribución del metal fundido.
 - **Vertical Ascendente (PF/3G Up):** Requiere un control preciso del avance para evitar escurrimientos del metal fundido.
 - **Vertical Descendente (PG/3G Down):** Se utiliza en chapas delgadas y permite una soldadura más rápida, pero con menor penetración.
 - **Sobre cabeza (PE/4G):** Es una de las más desafiantes, ya que la gravedad tiende a hacer caer el material fundido.
-

2.2. Soldadura en Diferentes Espesores de Material

Dependiendo del grosor del material base, se deben aplicar técnicas específicas para evitar defectos.

- **Material delgado (menor a 3 mm):**
 - Se recomienda usar un electrodo de menor diámetro (2.5 mm o menos).
 - Amperaje más bajo para evitar perforaciones.
 - Técnica de avance rápido para reducir la acumulación de calor.
 - **Material grueso (mayor a 10 mm):**
 - Uso de electrodos de mayor diámetro (3.2 mm o más).
 - Amperaje más alto para lograr una penetración adecuada.
 - Aplicación de múltiples pasadas para evitar tensiones internas.
-

2.3. Práctica de Diferentes Tipos de Juntas

Las juntas de soldadura determinan la distribución de esfuerzos y la resistencia de la unión.

- **Junta Tope:** Se usa cuando se unen dos piezas en el mismo plano. Es fundamental lograr una fusión completa para garantizar la resistencia.
- **Junta en Ángulo:** Se forma al unir dos piezas en un ángulo de 90°. Se utiliza en estructuras metálicas y refuerzos.
- **Junta de Esquina:** Se usa en la fabricación de cajas y estructuras cerradas. Es importante evitar la acumulación excesiva de material.

MATERIALES Y APLICACIONES EN LA SOLDADURA CON ELECTRODO

1. TEORÍA

1.1. Diferentes tipos de acero y su solubilidad

En la soldadura con electrodo revestido, es fundamental conocer los distintos tipos de acero y cómo su composición química influye en su soldabilidad. Los principales tipos de acero utilizados en la industria son:

- **Acero al carbono**
 - Es el más común y fácil de soldar. Su soldabilidad depende del contenido de carbono:
 - **Bajo carbono (<0.25%)** → Alta soldabilidad, mínima tendencia a grietas.
 - **Medio carbono (0.25 - 0.60%)** → Se puede soldar con precalentamiento y control del enfriamiento.
 - **Alto carbono (>0.60%)** → Mayor riesgo de grietas y fragilización, requiere tratamiento térmico.
 - Aplicaciones: estructuras metálicas, tuberías, maquinaria.
- **Acero aleado**
 - Contiene elementos como cromo, níquel, molibdeno, vanadio, entre otros, que mejoran sus propiedades mecánicas.
 - Su soldabilidad depende del tipo de aleación:
 - Aceros con alto contenido de cromo pueden formar zonas frágiles si no se controlan los parámetros de soldadura.
 - Aplicaciones: herramientas, piezas de alta resistencia, industria automotriz.
- **Acero inoxidable**
 - Contiene cromo (>10.5%) que le otorga resistencia a la corrosión.
 - Puede ser:
 - **Austenítico (Serie 300):** Buena soldabilidad, pero con tendencia a la distorsión térmica.

- **Ferrítico (Serie 400):** Menos propenso a la corrosión, pero con menor ductilidad.
 - **Martensítico:** Alta dureza, pero difícil de soldar sin precalentamiento.
 - Aplicaciones: industria alimentaria, química, petroquímica.
 - **Acero estructural**
 - Utilizado en construcciones metálicas y puentes.
 - Se debe soldar con electrodos de baja hidrogenación para evitar grietas por fragilización.
 - **Fundición de hierro**
 - Su alta cantidad de carbono lo hace difícil de soldar sin agrietarse.
 - Requiere precalentamiento y enfriamiento controlado.
 - Aplicaciones: bloques de motor, carcasas de maquinaria.
-

1.2. Selección del electrodo adecuado para cada aplicación

La elección del electrodo es crucial para garantizar una soldadura de calidad. Se debe considerar:

- **Tipo de recubrimiento:**
 - **Celulósicos (E6010, E6011):** Gran penetración, aptos para tuberías y soldaduras en posiciones difíciles.
 - **Rutilo (E6013):** Fácil de usar, buena apariencia, ideal para estructuras livianas.
 - **Básicos (E7018):** Baja hidrogenación, alta resistencia mecánica, recomendado para estructuras críticas.
 - **Ácidos:** Poco usados actualmente, buena fusión pero menos resistentes.
 - **Resistencia del electrodo (AWS A5.1 o A5.5):**
 - Un electrodo **E6013** soporta 60,000 psi de tracción, mientras que un **E7018** resiste 70,000 psi.
 - Para aceros inoxidables, se usan electrodos E308, E309 o E316 según la aleación.
 - **Diámetro del electrodo:**
 - Para chapas finas: 2.5 mm
 - Para espesores medianos: 3.2 mm
 - Para soldaduras más gruesas: 4.0 mm o más
 - **Condiciones ambientales:**
 - En ambientes húmedos, se recomiendan electrodos de baja hidrogenación almacenados en hornos a 250-300°C.
-

1.3. Normas y especificaciones de soldadura

Las normas de soldadura establecen procedimientos y requisitos para garantizar calidad y seguridad. Algunas de las más importantes son:

- **AWS (American Welding Society)**
 - AWS D1.1 – Soldadura en estructuras de acero.
 - AWS A5.1 – Clasificación de electrodos para acero al carbono.
- **ASME (American Society of Mechanical Engineers)**
 - Sección IX – Procedimientos de soldadura en calderas y tuberías.
- **ISO (International Organization for Standardization)**
 - ISO 9606 – Cualificación de soldadores.
 - ISO 15614 – Cualificación de procedimientos de soldadura.

El cumplimiento de estas normas es clave en industrias como construcción, automoción y petróleo.

2. PRÁCTICA

2.1. Soldadura de diferentes tipos de acero

Cada tipo de acero requiere técnicas específicas:

- **Aceros al carbono:**
 - Para espesores finos, usar E6013 y un arco corto.
 - Para estructuras pesadas, preferir E7018 con precalentamiento.
 - **Aceros inoxidables:**
 - Usar electrodos E308L para evitar contaminación del cordón.
 - Controlar la temperatura para evitar la deformación.
 - **Aceros de alta resistencia:**
 - Utilizar baja hidrogenación para prevenir grietas.
 - Aplicar varias pasadas controladas.
-

2.2. Soldadura de juntas más complejas

Se prepara el espesor en piezas de mas de 6 mm .

- **Juntas biseladas:** Para piezas gruesas, mejoran la penetración.
- **Juntas con chaflán:** En piezas de gran espesor, reduce esfuerzos.
- **Juntas en T con doble pase:** Mayor resistencia estructural.

INTRODUCCIÓN A LA SOLDADURA MIG/MAG

1.1. Principio de funcionamiento de la soldadura MIG/MAG

La soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas / Metal Active Gas) es un proceso de soldadura por arco con electrodo continuo y gas protector.

- En **MIG (Metal Inert Gas)**, se usa un gas inerte (argón o helio), ideal para aluminio y aceros inoxidable.
- En **MAG (Metal Active Gas)**, se emplea CO₂ o mezclas de CO₂ y argón, más utilizado en aceros al carbono.

Ventajas:

- Alta velocidad de deposición.
 - Menos proyecciones.
 - Menos necesidad de limpieza post-soldadura.
-

1.2. Gases de protección

Los gases protegen la soldadura de la contaminación ambiental:

- **Argón puro:** Ideal para aluminio e inoxidables.
 - **CO₂ puro:** Mayor penetración, más económico, pero con más salpicaduras.
 - **Mezclas Ar/CO₂:** Combinan estabilidad y buena fusión en aceros.
-

1.3. Aporte de soldadura

- Se usa un hilo continuo como electrodo, generalmente de 0.8 a 1.2 mm de diámetro.
 - Puede ser sólido o tubular con fundente en su interior (hilo con núcleo).
 - La velocidad de alimentación del hilo influye en la estabilidad del arco.
-

2. PRÁCTICA

2.1. Configuración del equipo de soldadura MIG/MAG

1. Seleccionar el gas protector adecuado.
 2. Ajustar la velocidad de alimentación del hilo.
 3. Configurar el voltaje según el espesor del material.
 4. Comprobar la limpieza de la pieza a soldar.
-

2.2. Ejecución de cordones de soldadura en posición plana

1. Encender el equipo y establecer los parámetros de soldadura.
2. Posicionar la antorcha con un ángulo de 10-15°.
3. Realizar cordones rectos o en zigzag según el material.
4. Evaluar la calidad del cordón y corregir si es necesario.

TÉCNICAS DE SOLDADURA MIG/MAG

1.1. Parámetros de Soldadura en MIG/MAG

Los parámetros de soldadura en el proceso MIG/MAG son fundamentales para obtener uniones de calidad, sin defectos y con una penetración adecuada. A continuación, se detallan los más importantes:

1.1.1. Voltaje

- **Controla la longitud del arco y la estabilidad del proceso.**
- **Voltaje bajo:** Produce un arco corto, aumentando la tendencia a falta de fusión y defectos en la raíz.
- **Voltaje alto:** Genera un arco largo, provocando salpicaduras excesivas y menor control sobre el baño de fusión.

1.1.2. Amperaje (Corriente de Soldadura)

- **Depende de la velocidad de alimentación del hilo.**
- **Mayor amperaje:** Mayor penetración y velocidad de deposición.
- **Menor amperaje:** Menor fusión, útil para materiales delgados.

1.1.3. Velocidad de Alimentación del Hilo

- **Afecta la tasa de deposición y estabilidad del arco.**
- **Si la velocidad es muy baja:** Se interrumpe el arco.
- **Si la velocidad es muy alta:** Se generan proyecciones excesivas y cordón irregular.

1.1.4. Tipo y Flujo de Gas de Protección

- **Gases inertes (argón, helio):** Mejor apariencia y estabilidad en inoxidables y aluminio.
- **Gases activos (CO₂, mezclas Ar/CO₂):** Mayor penetración en aceros al carbono.
- **Flujo recomendado:** Entre 10-20 l/min, dependiendo de la boquilla y la posición de soldadura.

1.1.5. Tipo y Diámetro del Hilo

- **0.8 mm - 1.2 mm:** Para trabajos generales en aceros al carbono e inoxidables.
 - **Hilos con núcleo (tubulares):** Mayor tasa de deposición, ideal para estructuras pesadas.
-

1.2. Defectos de Soldadura y sus Causas

El proceso MIG/MAG, aunque automatizado en gran parte, puede presentar defectos que comprometen la calidad de la soldadura.

1.2.1. Porosidad

- **Causa:** Contaminación superficial (óxidos, grasa, humedad), insuficiente gas de protección.
- **Solución:** Limpieza previa, aumentar flujo de gas, evitar corrientes de aire.

1.2.2. Falta de Fusión

- **Causa:** Velocidad de avance demasiado rápida, voltaje bajo.
- **Solución:** Aumentar el voltaje, reducir la velocidad de avance.

1.2.3. Inclusiones de Escoria

- **Causa:** Uso de hilos con núcleo sin correcta eliminación de escoria entre pasadas.
- **Solución:** Limpiar entre cada capa de soldadura.

1.2.4. Grietas

- **Causa:** Enfriamiento rápido, tensiones internas en la estructura.
- **Solución:** Precalentamiento, control del enfriamiento y diseño adecuado de la junta.

1.2.5. Exceso de Salpicaduras

- **Causa:** Voltaje excesivo, gas inadecuado, corriente mal regulada.
 - **Solución:** Ajuste de parámetros, uso de gases adecuados.
-

2. PRÁCTICA

2.1. Soldadura en Diferentes Posiciones

Cada posición de soldadura requiere un ajuste específico de los parámetros y la técnica:

- **Plano (PA/1G):** La más fácil de ejecutar, se recomienda un avance constante y ángulo de inclinación de la antorcha de 10-15°.
 - **Horizontal (PC/2G):** Se requiere controlar el cordón para evitar caída del metal fundido.
 - **Vertical ascendente (PF/3G Up):** Movimiento en zigzag o triángulos, menor amperaje para evitar escurrimientos.
 - **Vertical descendente (PG/3G Down):** Se usa en chapas delgadas, permite alta velocidad de soldadura.
 - **Sobre cabeza (PE/4G):** Desafiante por la gravedad, requiere baja corriente y un arco corto.
-

2.2. Soldadura de Diferentes Espesores de Material

- **Materiales finos (<3 mm):** Voltaje y amperaje bajos, evitar sobrecalentamiento.
 - **Materiales gruesos (>10mm):** Múltiples pasadas, usar hilo de mayor diámetro, precalentamiento en algunos casos.
-

2.3. Práctica de Diferentes Tipos de Juntas

- **Junta Tope:** Unión de dos placas en el mismo plano, requiere buena penetración.
 - **Junta en Ángulo (T-joint):** Uso común en estructuras, requiere control del cordón de filete.
 - **Junta de Esquina:** Se encuentra en la fabricación de cajas y estructuras cerradas.
 - **Junta Solapada:** Un material sobre otro, importante controlar la fusión en el borde superior.
-

APLICACIONES Y PRUEBAS EN SOLDADURA MIG/MAG

3.1. Aplicaciones de la Soldadura MIG/MAG en la Industria

La soldadura MIG/MAG se usa en múltiples industrias debido a su alta eficiencia:

- **Industria Automotriz:** Soldadura de carrocerías, chasis, piezas estructurales.
 - **Construcción Metálica:** Puentes, estructuras de acero, edificios.
 - **Aeroespacial:** Uniones ligeras en aluminio y aleaciones especiales.
 - **Industria Naval:** Construcción y reparación de barcos.
 - **Fabricación de Equipos Pesados:** Maquinaria agrícola, equipos de construcción.
-

3.2. Pruebas No Destructivas

Las pruebas no destructivas (PND) permiten evaluar la calidad de la soldadura sin dañar la estructura:

3.2.1. Inspección Visual

- Primera técnica aplicada.
- Permite detectar grietas superficiales, porosidad, falta de fusión visible.

3.2.2. Líquidos Penetrantes (LP)

- Se usa para detectar grietas en materiales no ferromagnéticos.
- Un líquido de alta capilaridad penetra defectos superficiales y se revela con un revelador.

3.2.3. Partículas Magnéticas (PM)

- Aplicable solo a materiales ferromagnéticos.
 - Se induce un campo magnético que detecta discontinuidades superficiales y sub-superficiales.
-

4. PRÁCTICA

4.1. Proyecto Final: Realización de una Pieza o Estructura Soldada

Para consolidar los conocimientos adquiridos, se realiza un proyecto práctico donde se aplican todas las técnicas de soldadura MIG/MAG:

1. **Diseño de la Pieza o Estructura:**
 - Definición de materiales.
 - Selección del tipo de junta y posición de soldadura.
2. **Preparación del Material:**
 - Corte y limpieza de las piezas.
 - Ajuste y punteado previo a la soldadura definitiva.
3. **Configuración del Equipo:**
 - Selección del gas protector adecuado.
 - Ajuste de parámetros según el espesor y tipo de material.
4. **Ejecución de la Soldadura:**
 - Aplicación de diferentes posiciones y tipos de juntas.
 - Control de la penetración y calidad del cordón.
5. **Inspección y Pruebas de Calidad:**
 - Evaluación visual del cordón de soldadura.
 - Aplicación de líquidos penetrantes o partículas magnéticas.