

# **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO**

*“El Instituto Católico de la Frontera Sur”*



## **TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

Tecnólogo Mecánico Automotriz

### **TEMA:**

**ANÁLISIS DE TIPOS DE SOLDADURA MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS  
EN LOS LABORATORIOS INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO  
SAMANIEGO DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA.**

### **AUTORES:**

CONZA PARDO WILMER MICHAEL

QUEZADA SOTO LUIS VICENTE

### **DIRECTOR:**

ING. LUIS ESTEBAN RODRIGUEZ GUARDERAS

**CARIAMANGA – ECUADOR**

**2022**

## CERTIFICACIÓN

Ing. Luis Esteban Rodríguez Guarderas

Docente del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, certifico:

Que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE TIPOS DE SOLDADURA MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LOS LABORATORIOS INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA” realizado por Conza Pardo Wilmer Michael y Quezada Soto Luis Vicente obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por el Instituto Superior Tecnológico “Mariano Samaniego”.

Cariamanga, octubre del 2022.

.....

ING. LUIS ESTEBAN RODRIGUEZ GUARDERAS.

CI. 1104522238

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los estudiantes, Conza Pardo Wilmer Michael con documento de identificación N° 1104652035 y Quezada Soto Luis Vicente con documento de identificación N° 1105114662, autores del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE TIPOS DE SOLDADURA MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LOS LABORATORIOS INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA”, certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cariamanga, octubre del 2022.

Conza Pardo Wilmer Michael  
CI. 1104652035

Quezada Soto Luis Vicente  
CI. 1105114662

## **CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR**

Los estudiantes, Conza Pardo Wilmer Michael con documento de identificación N° 1104652035 y Quezada Soto Luis Vicente con documento de identificación N° 1105114662, manifestamos nuestra voluntad y cedemos al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE TIPOS DE SOLDADURA MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LOS LABORATORIOS INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Tecnólogo en Mecánica Automotriz, en el Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, quedando el Instituto facultado para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca del Instituto.

Cariamanga, octubre del 2022.

Conza Pardo Wilmer Michael  
CI. 1104652035

Quezada Soto Luis Vicente  
CI. 1105114662

## **AGRADECIMIENTO I**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. Todos los sacrificios, el esfuerzo y el arduo trabajo valieron la pena.

Conza Pardo Wilmer Michael

## **AGRADECIMIENTO II**

Todo esfuerzo y perseverancia y el trabajo son el resultado de hoy quiero expresar mi gratitud primeramente a Dios quien con su poder divino siempre está a mi lado a mis padres mi hermano por ser el pilar en mi vida día a día para terminar con éxito esta meta propuesta

Quezada Soto Luis Vicente

## **DEDICATORIA I**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. También le dedico a mis padres y abuelos, por ser los pilares más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

Conza Pardo Wilmer Michael

## **DEDICATORIA II**

Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios por a verme dado la vida, y permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida profesional, también les dedicó a mis padres a mi hermano por siempre estar ahí apoyándome incondicionalmente de igual manera a toda mi familia quienes siempre ha confiado en mí hasta llegar a esta etapa profesional de mi vida

Quezada Soto Luis Vicente

## INTRODUCCIÓN

Las herramientas y equipos constituyen una parte fundamental en el desarrollo de prácticas y diagnóstico automotriz, el vehículo automóvil está conformado por un sinnúmero de elementos y sistemas que funcionan de forma sincronizada, para el estudiante es importante poseer conocimientos sólidos en cada uno de las áreas de estudio dentro de formación profesional donde en la mayoría de actividades prácticas se presentan factores de riesgo al realizar ciertos procedimientos.

La soldadura es uno de los procesos productivos más habituales para la unión de elementos estructurales, especialmente en una de las mayores industrias que existen en la actualidad, como es la carrocería de vehículos automóviles, cabe señalar que la soldadura provoca cambios estructurales significativos en los metales utilizados especialmente debido a cambios en la composición y transiciones de fase durante la solidificación y el enfriamiento, que deben entenderse bien para diseñar y fabricar soldaduras confiables para la resistencia de las superestructuras.

Al desarrollar prácticas de soldadura se observa los siguientes factores de riesgo como: gases tóxicos, partículas de material fundido, rayos ultravioletas, etc., provocando graves consecuencias a la persona que opera la máquina de soldar, afectando la vista, la piel y partes internos del cuerpo, provocando enfermedades severas e incluso la muerte, es importante utilizar los equipos e instrumentos de protección personal correctamente.

El personal que trabaja en estos talleres de vehículos automotrices y los estudiantes de la carrera de la institución no comprenden los parámetros mediante los cuales se puede mejorar el rendimiento de las soldaduras SMAW o GMAW según el material utilizado. Por lo tanto, para

obtener un producto confiable y duradero, es muy importante analizar el proceso de soldadura, lo que nos puede brindar más seguridad en el desarrollo de un proceso de soldado, una de las formas de lograr lo anterior es mejorar y utilizar soldadores calificados para que los cordones sean buenos, y los errores sean mínimos o casi nulos.

Dentro del análisis de los procesos de soldadura también se pretende una implementación de un equipo de soldadura con lo que se logrará alcanzar los siguientes objetivos, los cuales servirán de guía para un óptimo desarrollo:

- Realizar un estudio de arte de los diferentes procesos, elementos y materiales a utilizar, en el método de soldadura.
- Implementar el equipo de soldadura para realizar los diferentes ensayos de soldado y así identificar la diferencia.
- Analizar la funcionalidad del equipo seleccionado, y los procesos de soldado mediante la práctica.

Se utilizará una metodología descriptiva en el desarrollo de esta investigación, fundamentada principalmente en el método inductivo por cuanto el objetivo es Analizar de tipos de soldadura mediante ensayos no destructivos e implementar un equipo de soldadura para los laboratorios del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego de la ciudad de Cariamanga.

Las variables que se tomarán en cuenta para la implementación y análisis de los procesos de soldadura son: tipos de procesos de soldadura MMA, TIG y MIG, actualización de equipo y facilidad de operación. Para la selección de la máquina de soldadura a implementar se tomó en cuenta, la tecnología utilizada, ergonomía del equipo, lectura digital en las medidas, control, tolerancia, facilidad de manejo, etc.

## RESUMEN

El propósito de este proyecto es analizar los procesos de soldado e implementar una máquina o equipo de soldadura con la cual se va a realizar cordones en acero ASTM A 36 usando electrodo AWS E-6011 y alambre ER70S-6 con gas de protección CO<sub>2</sub> para comparar las propiedades mecánicas de las uniones usando soldadura SMAW, MIG y TIG, todos estos ensayos y la máquina de soldadura servirán a los estudiantes de la carrera de mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego en el desarrollo de prácticas y profundización de conocimientos.

Se analiza las características, elementos y funcionamiento de cada uno de los procesos de soldadura diferenciándolos adecuadamente según la utilización, los principios teóricos permitirán comprender la forma y relación del comportamiento de los materiales utilizados, así también los manuales de operación para la utilización de herramientas y equipos. Además, se tomará en cuenta el estudio del manual del fabricante para preceder a la comprobación y utilización del equipo de soldadura, como también los procedimientos para realizar los distintos diagnósticos en cada uno de los procesos. Como también, los procedimientos de mantenimiento relativos a los diferentes componentes para reparar o reemplazar.

Evaluando los resultados obtenidos se determinó el proceso de soldadura óptimo en base al acero utilizado para la carrocería y chasis del vehículo automotor. En este caso, la unión soldada por el proceso MIG de acero ASTM A 36 es la unión con mejores propiedades mecánicas.

Palabras clave: soldadura, procesos de soldadura SMAW, TIG, MIG, ensayos, máquinas de soldadura.

## **ABSTRACT**

The purpose of this project is to analyze the welding processes and implement a welding machine or equipment with which to make beads in ASTM A 36 steel using AWS E-6011 electrode and ER70S-6 wire with CO<sub>2</sub> protection gas to compare the mechanical properties of the joints using SMAW, MIG and TIG welding, all these tests and the welding machine will serve the students of the Automotive Mechanics career of the Institute Superior Technologic Mariano Samaniego in the development of practices and deepening of knowledge.

The characteristics, elements and operation of each of the welding processes are analyzed, differentiating them appropriately according to the use, the theoretical principles will allow us to understand the form and relationship of the behavior of the materials used, as well as the operation manuals for the use of tools and equipment. In addition, the study of the manufacturer's manual will be taken into account to precede the verification and use of the welding equipment, as well as the procedures to carry out the different diagnoses in each of the processes. As well as the maintenance procedures related to the different components to repair or replace.

Evaluating the results obtained, the optimal welding process was determined based on the steel used for the bodywork and chassis of the motor vehicle. In this case, the joint welded by the MIG process of ASTM A 36 steel is the joint with the best mechanical properties.

**Keywords:** welding, SMAW, TIG, MIG welding processes, tests, welding machines.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	II
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	III
CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR .....	IV
AGRADECIMIENTO I .....	V
AGRADECIMIENTO II.....	VI
DEDICATORIA I .....	VII
DEDICATORIA II.....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIX
INDICE DE TABLAS .....	XXI
TEMA.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
Planteamiento del Problema .....	1
Formulación del Problema.....	2
OBJETIVOS.....	2

Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
METODOLOGÍA.....	3
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
CAPÍTULO I.....	5
1.1. Marco contextual .....	5
1.2. Marco teórico.....	5
1.2.1. Soldadura.....	5
1.2.2. Características de la soldadura .....	6
1.2.3. Desventajas de la soldadura .....	7
1.2.4. Conceptos de soldadura.....	8
1.2.4.1. Soldadura de Fusión. ....	8
1.2.4.2. Soldadura de estado solido .....	9
1.2.5. Tipos de uniones.....	10
1.2.6. Tipos de soldaduras.....	11
1.2.7. Materiales .....	12
1.2.8. Designación.....	14
1.2.9. Soldadura con arco eléctrico (SMAW).....	15
1.2.10. Soldadura con arco eléctrico y gas (GMAW) .....	16
1.2.11. Soldadura con protección gaseosa y electrodo de tungsteno (GTAW).....	18

1.2.12.	Ensayos no destructivos para evaluación de soldaduras .....	19
1.2.12.1.	Ensayos no destructivos con líquidos o tintas penetrantes (PT).....	19
1.2.12.1.1.	Procedimiento para la aplicación de líquidos o tintas penetrantes (PT) .....	20
1.2.13.	La seguridad industrial .....	21
1.2.13.1.	Ventajas de la seguridad .....	22
1.2.13.2.	Riesgos y accidentes por soldadura .....	23
CAPÍTULO II .....		24
2.1.	Clasificación de los aceros bajo normativa internacional .....	24
2.2.	Simbología en soldadura .....	24
2.3.	Los electrodos.....	25
2.3.1.	Fundentes y materiales de aportación .....	26
2.4.	Maquinas o equipos para soldar .....	28
2.5.	Máquina soldadora CENTURY SYN MIG - 200 .....	30
2.5.1.	Funciones del equipo .....	31
2.5.2.	Características de rendimiento .....	31
2.5.3.	Datos técnicos .....	32
2.5.4.	Descripción de componentes .....	33
2.5.4.1.	Cables y porta electrodo.....	34
2.5.5.	Instalación y selección de los diferentes tipos de soldadura.....	35
2.5.5.1.	Conexión de entrada.....	35

2.5.5.2.	Conexión de salida .....	35
2.5.5.3.	Soldadura MMA.....	35
2.5.5.4.	Soldadura MIG .....	36
2.5.5.5.	Soldadura TIG .....	37
2.5.6.	Operación y funcionamiento de los diferentes tipos de soldadura .....	38
2.5.6.1.	Soldadura MMA.....	38
2.5.6.2.	Soldadura MIG/MAG .....	39
2.5.6.3.	Soldadura TIG .....	39
2.5.7.	Mantenimiento y solución de problemas .....	40
CAPÍTULO III .....		41
3.1.	Análisis de la energía requerida en los procesos de soldadura.....	41
3.1.1.	Soldadura MMA .....	41
3.1.2.	Soldadura MIG.....	41
3.1.3.	Soldadura TIG.....	41
3.2.	Elaboración de los cordones de soldadura.....	42
3.2.1.	Denominación del acero utilizado .....	42
3.2.2.	Diseño de la soldadura .....	42
3.2.3.	Movimientos del electrodo para realizar un cordón de soldadura .....	43
3.2.3.1.	Longitudinal movimiento en ZIG - ZAG .....	43
3.2.3.2.	Movimiento circular .....	44

3.2.3.3.	Movimiento semicircular .....	44
3.2.3.4.	Transversal movimiento en ZIG - ZAG .....	45
3.2.3.5.	Movimiento entrelazado.....	45
3.2.4.	Construcción de los cordones de soldadura .....	46
3.3.	Análisis de los procesos de soldado .....	47
3.4.	Falta fusión .....	48
3.5.	Salpicaduras o escorias .....	49
3.6.	Porosidades.....	49
3.7.	Proceso de soldadura optimo.....	50
3.8.	Costos de implementación del equipo .....	51
CONCLUSIONES .....		52
RECOMENDACIONES .....		54
BIBLIOGRAFÍA.....		55
ANEXOS.....		57
Anexo A.....		57
Anexo B.....		58
Anexo C.....		59
Anexo D.....		60
Anexo E.....		61
Anexo F .....		62



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	5
Figura 2 .....	11
Figura 3 .....	11
Figura 4 .....	13
Figura 5 .....	15
Figura 6 .....	16
Figura 7 .....	17
Figura 8 .....	18
Figura 9 .....	20
Figura 10 .....	21
Figura 11 .....	23
Figura 12 .....	24
Figura 13 .....	26
Figura 14 .....	27
Figura 15 .....	27
Figura 16 .....	28
Figura 17 .....	30
Figura 18 .....	32
Figura 19 .....	33
Figura 20 .....	34
Figura 21 .....	36
Figura 22 .....	37

Figura 23 .....	38
Figura 24 .....	43
Figura 25 .....	43
Figura 26 .....	44
Figura 27 .....	44
Figura 28 .....	45
Figura 29 .....	46
Figura 30 .....	46
Figura 31 .....	47
Figura 32 .....	47
Figura 33 .....	48
Figura 34 .....	49
Figura 35 .....	50
Figura 36 .....	50

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	6
Tabla 2.....	7
Tabla 3.....	9
Tabla 4.....	10
Tabla 5.....	22
Tabla 6.....	25
Tabla 7.....	42
Tabla 8.....	51

## **TEMA**

Análisis de tipos de soldadura mediante ensayos no destructivos en los laboratorios del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego de la ciudad de Cariamanga.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **Planteamiento del Problema**

El proceso de soldadura eléctrica es un área de mucha transcendencia dentro de la mecánica, aportando significativamente en cada uno de los procesos industriales de los pequeños y grandes talleres automotrices. Como es conocido también en el desarrollo de este proceso existe muchos riesgos de enfermedades y accidentes para el personal de operación, por el desconocimiento de elementos de seguridad al momento de realizar una práctica de soldadura.

En la ciudad de Cariamanga no existen talleres donde se realicen procesos de soldadura bajo las estrictas normas de seguridad, al hablar de la institución existe un bajo nivel de conocimiento en los estudiantes, sobre el manejo de la soldadora eléctrica y el uso adecuado de accesorios de seguridad, como también de los diferentes métodos de soldado como lo es el MMA (Manual Metal Arco), MIG (Gas Protector Activo) y TIG (Gas Protector Inerte)

En los talleres de la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, se determinó la necesidad de implementar un equipo de soldadura que cumpla con la facilidad de poder al menos realizar tres procesos diferentes de soldado. como lo es el MMA, MIG y TIG, y a su vez realizar el análisis de los cordones de soldadura. Para que de esta manera el equipo seleccionado se utilice en el desarrollo de prácticas en las materias que ameriten el uso de un proceso de soldado y se mejore significativamente el proceso de aprendizaje.

## **Formulación del Problema**

En la presente investigación se implementará un equipo de soldadura y se realizará un análisis mediante ensayos no destructivos de los diferentes métodos de soldado, con lo cual permitirá responder las siguientes interrogantes:

- ¿Por qué es importante el proceso de soldadura, la seguridad en su operación y la implementación de este equipo para el taller de la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego de la ciudad de Cariamanga?
- ¿Cuál son los diferentes métodos de soldado, características y elementos utilizados para que la fusión de los materiales a soldar sea de forma óptima?
- ¿Cuál será el método o proceso más eficiente y de mayor eficiencia al realizar una soldadura de materiales?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar de tipos de soldadura mediante ensayos no destructivos en los laboratorios del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego de la ciudad de Cariamanga.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio del arte con definiciones, materiales y elementos de los procesos de soldadura.
- Seleccionar un equipo de soldadura que brinde las mejores prestaciones técnicas para operar y establecer un servicio eficiente al momento de realizar un proceso de soldado.
- Evaluar los tipos de soldadura mediante ensayos no destructivos en los laboratorios del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego.

## **METODOLOGÍA**

La metodología descriptiva es aplicable para el desarrollo de esta investigación, su fundamentación está basada en el método inductivo por cuanto a más del análisis de los procesos de soldadura, se va a implementar una máquina de soldadura que permita desarrollar al menos tres procesos diferentes de soldado para el taller del área de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego de la ciudad de Cariamanga, logrando así que los estudiantes al empezar sus actividades prácticas, mejoren sus conocimientos en el área de soldadura, optimizando los niveles de competencias y motivación.

Con la implementación de esta máquina de soldadura la población que se beneficiará en su mayoría serán los estudiantes matriculados regulares de primero a quinto de la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, ya que en casi todas las materias de práctica se necesita desarrollar un proceso de soldado; el pueblo calvence y de sus alrededores tomando en cuenta nuestro principio vacacional de servir a la colectividad. Además, los docentes que pertenecen a la carrera y los docentes que no pertenecen al área automotriz.

Las variables que se tomarán en cuenta para la implementación y análisis de los procesos de soldadura son: tipos de procesos de soldadura MMA, TIG y MIG, actualización de equipo y facilidad de operación.

Para la selección de la máquina de soldadura a implementar se tomó en cuenta, la tecnología utilizada, ergonomía del equipo, lectura digital en las medidas, control, tolerancia, facilidad de manejo, mínimo tres procesos de soldado, conexión para funcionamiento de 110 V y 220 V.

## **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La utilización de herramientas y equipos es imprescindible en el proceso de reparación y construcción de elementos que conforman la estructura del vehículo automóvil, la falta de una máquina de soldadura es contraproducente para el proceso de aprendizaje en los estudiantes de la carrera.

Al implementar una máquina de soldadura que permita desarrollar diferentes procesos de soldado y a la vez analizarlos por medio de ensayos no destructivos, se estará dotando al taller del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego con equipos de última tecnología, mejoramiento así el desarrollo de prácticas, bajo estrictos mecanismos de seguridad, reducción de tiempos en cada proceso y mejoramiento de habilidades en el manejo al aplicar un proceso de soldado.

La investigación también pretende mejorar el conocimiento de los estudiantes de primero a quinto nivel de la carrera de Mecánica Automotriz, en la utilización de los equipos e instrumentos de seguridad y prevención en la operación de estos equipos, ya que en la actualidad se necesitan profesionales con sólidos conocimientos académicos y prácticos. Además, aplicar un plan de seguridad con la finalidad de prevenir riesgos en la integridad física de los operarios, los cuales utilizaran medidas de protección personal para el desarrollo de prácticas dentro del taller, cuidando la salud y el medio ambiente.

Para la selección de la máquina de soldadura se considerará la actualización tecnológica, la facilidad de operación y proporción de diferentes procesos de soldado, para en base a ello poder realizar distintos trabajos en los diversos materiales que conforman el vehículo automóvil, y así adaptar el mejor método y obtener mayor eficiencia.

# CAPÍTULO I

## 1.1. Marco contextual

La máquina de soldadura que permita desarrollar al menos tres tipos de procesos de soldado diferentes, para el análisis mediante ensayos no destructivos, se seleccionará conforme las características propias y requerimientos técnicos que se requieren en el desarrollo de las prácticas de aprendizaje en el taller de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego.

## 1.2. Marco teórico

### 1.2.1. Soldadura

La soldadura es un procedimiento de unión mecánica de piezas metálicas realizadas con arco eléctrico y se ha utilizado desde la antigüedad para la fabricación y reparación de elementos metálicos, así como para el relleno de soldaduras o uniones de piezas. Se utiliza un material de relleno o electrodo llamado varilla de relleno.

### Figura 1

*La soldadura*



Nota: Fuente los autores

El método más antiguo para unir metales es calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que se vuelvan suaves y flexibles. Luego, estos fragmentos se martillan o se martillan o se enfrían y endurecen en un yunque. En base a (Achisol, 2012) En 1801, el inglés Sir Humphrey Davy descubrió por primera vez que se podía hacer y mantener un arco entre dos terminales, Auguste De Meritens creó su primera máquina de soldadura por arco en 1880. Años más tarde, en 1835, E. David de Inglaterra descubrió el gas acetileno, pero su producción era demasiado costosa en ese momento, y 57 años después, en 1892, el canadiense T. L. Wilson descubrió un método económico para obtenerlo.

En la provincia de Loja y principalmente en el cantón Calvas se han desarrollado centros y talleres industriales a raíz de la soldadura eléctrica, pero el desconocimiento sobre seguridad industrial ha dado lugar a diversos tipos de accidentes que generan problemas. El desarrollo y la comodidad del trabajo humano se satisfacen con este tipo de proceso de soldadura, desconociendo los artistas sus posibles efectos sobre la salud.

### **1.2.2. Características de la soldadura**

La soldadura es un proceso de producción muy eficiente y altamente aplicable que cuenta con características benéficas como:

#### **Tabla 1**

##### *Características de la soldadura*

- La soldadura proporciona una conexión permanente, las piezas soldadas se convierten en un todo.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las juntas soldadas pueden ser más fuertes que el metal base si se usan metales de aporte con propiedades de resistencia más fuertes que el metal base y se usan las técnicas de soldadura adecuadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general, la soldadura es la forma más económica de unir piezas, y los métodos alternativos de ensamblaje mecánico requieren cambios de forma más complejos (como la perforación de orificios) y la adición de sujetadores (remaches o tuercas) en términos de consumo de material y costos de producción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las juntas mecánicas resultantes suelen ser más pesadas que las soldaduras equivalentes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La soldadura no se limita al entorno de la fábrica. Se puede hacer en el campo y en algunos casos puede ser utilizado por personas sin mucha experiencia.</li> </ul>

Nota: Fuente los autores

### **1.2.3. Desventajas de la soldadura**

Como todo proceso de manufactura siempre tendrá algunos inconvenientes como los que a continuación se mencionan:

#### **Tabla 2**

##### *Desventajas de la soldadura*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de las operaciones de soldadura se realizan manualmente y son costosas en términos de mano de obra.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muchas operaciones de soldadura se consideran cosas especializadas y no mucha gente las hace.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casi todos los procesos de soldadura implican el uso de grandes cantidades de energía y, por lo tanto, son peligrosos.</li> </ul>

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Dado que la soldadura es una unión permanente, no se puede separar.</li></ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Las uniones soldadas pueden tener ciertos defectos de calidad que son difíciles de detectar. Los defectos reducen la fuerza de unión.</li></ul> |

Nota: Fuente los autores

#### **1.2.4. Conceptos de soldadura**

La soldadura consiste en fusionar o unir dos piezas de metal en sus superficies de contacto, estas superficies de acoplamiento son superficies que se tocan o están demasiado cerca, generalmente se realiza en partes del mismo metal, pero algunas operaciones se pueden usar para unir metales diferentes.

La American Welding Society (Sociedad Norteamericana de Soldadura) ha incluido más de 50 procesos diferentes de operaciones que usan diferentes tipos o combinaciones de energía para proporcionar la corriente requerida. Se pueden dividir en dos grandes categorías:

- Fusión
- Estado sólido.

##### **1.2.4.1. Soldadura de Fusión.**

El proceso de soldadura por fusión utiliza calor para derretir el metal base. En muchas operaciones de soldadura por fusión, se agregan metales de aporte a la mezcla fundida para facilitar el proceso de unión y aumentar el volumen y la resistencia de la soldadura. La soldadura del núcleo sin la adición de metal de aporte se denomina soldadura autógena. Los tipos más comunes de soldadura por fusión son:

**Tabla 3**

*Procesos de soldadura de fusión*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura por arco, SAE (AW). La soldadura por arco se refiere a un grupo de procesos de soldadura en los que el calentamiento del metal se logra mediante un arco eléctrico. Algunas operaciones de soldadura por arco también usan presión durante el proceso y la mayoría usa metal de aporte.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura por resistencia, SR (RW). La soldadura por resistencia logra la fusión utilizando el calor de la resistencia eléctrica a medida que fluye una corriente eléctrica entre las superficies de contacto de dos partes que se mantienen juntas bajo presión.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura con oxígeno y gas. SOGC (OFW). Estos procesos de unión utilizan oxígeno combustible, como una mezcla de oxígeno y acetileno, para crear una llama caliente para derretir el metal base y el metal de aporte si se usa.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Además de los tipos anteriores, existen otros procesos de soldadura que pueden unir los metales de unión. Los ejemplos incluyen la soldadura por haz de electrones y la soldadura por haz de láser.</li></ul>

Nota: Fuente los autores

**1.2.4.2. Soldadura de estado sólido**

Los procesos de soldadura de estado sólido usan presión o una combinación de calor y presión. Si se usa calor, la temperatura del proceso es más baja que el punto de fusión del metal de soldadura. Los metales de aporte generalmente no se utilizan en estos procesos:

#### **Tabla 4**

##### *Procesos de soldadura de estado solido*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura por difusión, SD (DFW). En la soldadura por difusión, dos superficies se unen bajo presión a alta temperatura y las piezas se unen por fusión de estado sólido.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura por fricción, SF (FRW). En este proceso, la unión se logra por el calor de fricción entre las dos superficies.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura por ultrasonidos, SU (USW). La soldadura ultrasónica se realiza aplicando una presión moderada entre dos partes y un movimiento oscilante a frecuencias ultrasónicas en una dirección paralela a las superficies de contacto. La combinación de la fuerza normal y la fuerza vibratoria produce una fuerte tensión que elimina la película superficial y logra la unión atómica de la superficie.</li></ul>

Nota: Fuente los autores

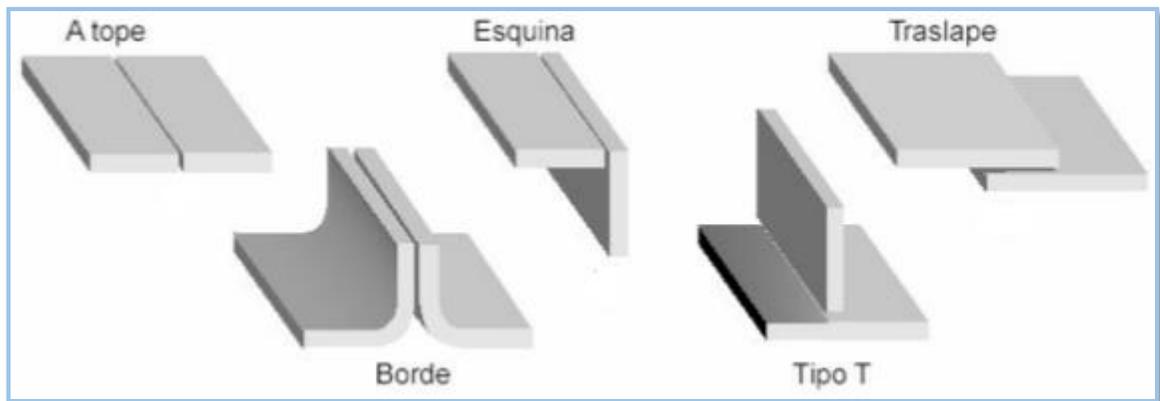
#### **1.2.5. Tipos de uniones**

Hay cinco tipos básicos de juntas que conectan las dos partes de la junta, cada una de las cuales se describe a continuación:

- Unión empalmada. En este tipo de unión, las partes se encuentran en el mismo plano y se unen en sus bordes.
- Unión en esquina. Las partes de esquina se conectan para formar un ángulo recto y se encuentran en la esquina de esta esquina.
- Unión superpuesta. Esta colección consta de dos partes superpuestas.
- Unión de bordes. Las partes de unión de los bordes son paralelas a al menos uno de sus bordes comunes y se unen en el borde común.
- Unión en T. En una unión en T, una parte es perpendicular a la otra como la letra T

**Figura 2**

*Tipos de uniones*



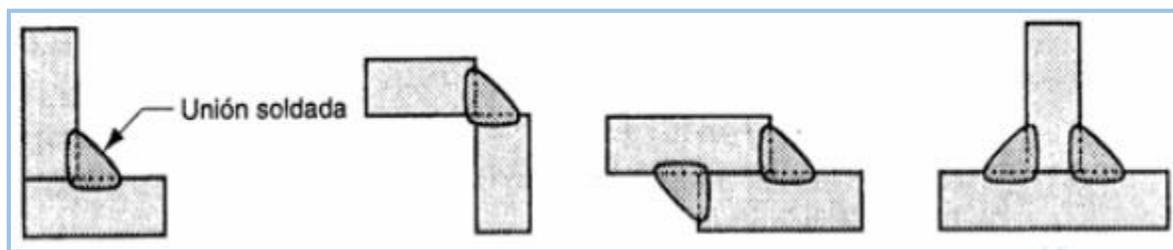
Nota: Tipos de uniones. Tomado de: (INDURA, 2007)

### **1.2.6. Tipos de soldaduras**

Es fácil distinguir entre el tipo de unión y el tipo de soldadura aplicada a la costura. La diferencia entre los tipos de soldadura es la geometría y el proceso de soldadura. En la figura 3 se muestran los cuatro tipos de soldadura más representativos, las líneas punteadas muestran los límites de las placas originales.

**Figura 3**

*Tipos de soldaduras*



Nota: Tipos de soldaduras. Tomado de (INDURA, 2007)

Los más representativos son: la de cordón, la ondeada, la de filete, la de tapón y la de ranura. La selección del tipo de soldadura esta tan ligada a la eficiencia de la junta como el diseño de esta.

Se elige un tipo de soldadura con preferencia sobre otro por razón de su relación específica con la eficiencia de la junta.

- Unión de esquina con un filete interno,
- Unión de esquina con un filete externo,
- Unión solapada de doble filete,
- Unión con doble filete.

Las soldaduras de ranura generalmente requieren que los bordes de la pieza estén rectificadas para facilitar la penetración de la soldadura. Las fachadas incluyen escuadra en un lado, V, redondeo en U y J en uno o ambos lados, y generalmente se usa relleno para saturar la junta con arco y combustible. Es necesario preparar los bordes detrás del cuadrado base para insertar fácilmente el material de relleno por lo tanto se tiene los siguientes tipos:

- Soldadura de ángulo cuadrado en un lado,
- Soldadura de un solo surco,
- Soldadura de ranura en V única,
- Soldadura de ranura en U,
- Soldadura de ranura en J única,
- Soldaduras de ranura en X para secciones más gruesas.

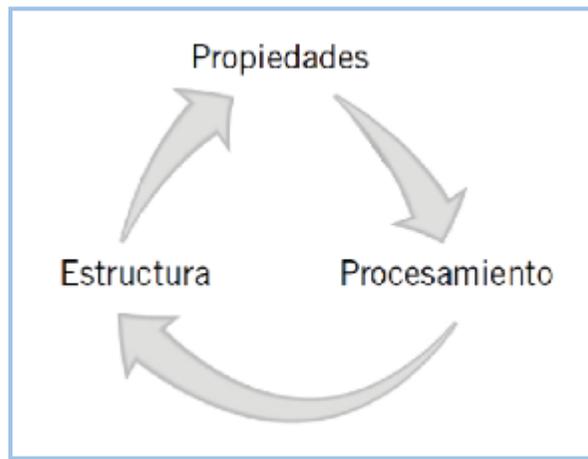
### **1.2.7. Materiales**

En general, en base a (Newell, 2010) la estructura de un material está relacionada con la disposición de sus componentes internos. La estructura subatómica incluye los electrones en los átomos individuales y sus interacciones con el núcleo. Todas las propiedades importantes de los sólidos se agrupan en seis categorías: mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y

químicas. El concepto de "propiedad" necesita ser desarrollado. El material utilizado se expone a estímulos externos que provocan una reacción.

**Figura 4**

*Relación entre estructura propiedades y procesamiento*



Nota: Estructura de los materiales. Tomado de: (Newell, 2010)

La decisión final generalmente se toma en base a varios criterios. Primero, se deben caracterizar las condiciones bajo las cuales el material proporciona desempeño (edificio, carrocerías, chasises de estructura, etc.) y se deben enfatizar las propiedades requeridas del material para dicho desempeño. Rara vez un material tiene la combinación perfecta de propiedades, por lo que muchas veces se debe descartar una a favor de otra. Un ejemplo clásico es la fuerza y la flexibilidad; generalmente los materiales de alta resistencia tienen una ductilidad limitada. En tales casos, se debe llegar a un compromiso razonable entre dos o más propiedades. La segunda consideración se refiere a la degradación del material utilizado. Por ejemplo, las altas temperaturas y los ambientes corrosivos pueden reducir significativamente la resistencia mecánica. Finalmente, quizás la consideración más importante es la economía.

En particular, el diagrama de estado hierro (Fe) - carbono (C) es uno de los más estudiados, ya que las aleaciones hierro-carbono son las más utilizadas en la tecnología moderna. El acero es una aleación de hierro que contiene una pequeña cantidad de carbono, sobre la que se consiguen propiedades especiales como dureza y flexibilidad, además, también intervienen otros elementos de aleación como el manganeso, el níquel o el cromo.

El hierro es un componente básico de las aleaciones de ingeniería más importantes. Es un metal alotrópico, lo que significa que puede existir en varias estructuras reticulares (formas cristalinas), dependiendo principalmente de la temperatura.

Es uno de los metales más útiles debido a su abundancia en la corteza terrestre. Como sugiere el nombre, el diagrama Fe-C que se encuentra en el anexo A, debe extenderse desde el hierro hasta el carbono a través de varias mesofases que contienen ambos elementos.

El estudio de gráficos con conexiones estables muestra que cada uno de ellos puede considerarse como un componente y analizarse como parte del gráfico. El acero suele ser maleable, que es una cualidad muy importante que los distingue. Si la proporción de C es superior al 1,76%, la aleación Fe-C se denomina fundición, y la proporción máxima de aleación C es del 6,67%, lo que equivale a cementita pura. En general, los castings son memorables.

### **1.2.8. Designación**

La American Welding Society es una de las organizaciones involucradas en la creación de un estándar de soldadura específico que sea ampliamente aceptado en todo el mundo. Hoy en día se utilizan varios métodos de soldadura diferentes; AWS describe y define cada uno de estos métodos como se muestra en la siguiente figura 5.

## Figura 5

### *Designación de varios métodos de soldadura*

<b>SMAW</b> (Shielded Metal Arc Welding; Soldadura Arco Metálico con electrodo Revestido.)
<b>SAW</b> (Sumerged Arc Welding; Soldadura de Arco Sumergido.)
<b>ST</b> (Spray Transfer; Pulverización de Metal).
<b>GMAW</b> (Gas Metal Arc Welding; Soldadura de Arco Metálico Protegido con Gas)
<b>FCAW</b> (Flux Cored Arc Welding; Soldadura de Arco Fundente en el Núcleo.)
<b>GTAW</b> (Gas Tungsten Arc Welding; Soldadura con Electrodo de Tungsteno Protegida con Gas.)
<b>PAW</b> (Plasma Arc Welding; Soldadura por Arco de Plasma.)
<b>ESW</b> (Electro Slag Welding; Soldadura por Electro-Escoria.)
<b>EGW</b> (Electro Gas Welding; Soldadura de Arco Eléctrico Protegido con Gas.)
<b>RW</b> (Resistance Welding; Soldadura por Resistencia.)
<b>OFW</b> (Oxifuel Welding; Soldadura de Combustible con Oxígeno)
<b>DFW</b> (Diffusion Welding; Soldadura por Difusión.)
<b>FRW</b> (Friction Welding; Soldadura por Fricción.)
<b>EBW</b> (Electrón-Beam Welding; Soldadura por Haz de Electrones.)
<b>LBW</b> (Laser Beam Welding; Soldadura por Láser.)
<b>S</b> (Soldering; Soldadura Blanda, Aleación Plomo Estaño)

Nota: Métodos de soldadura. Tomado de: (Pastor, 2003)

### **1.2.9. Soldadura con arco eléctrico (SMAW)**

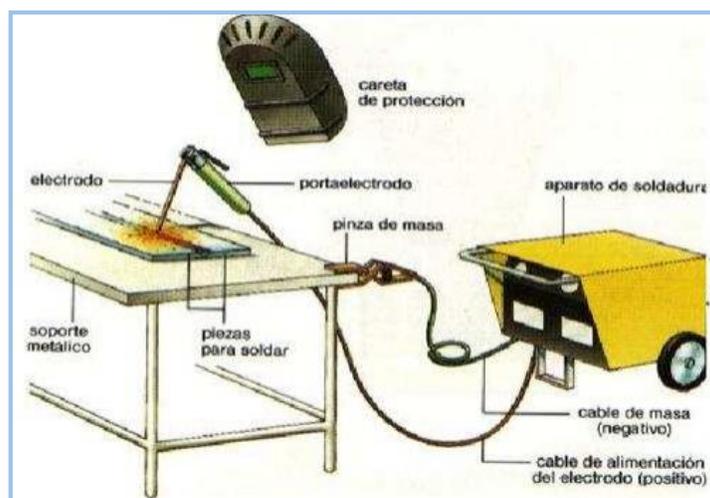
La soldadura por arco manual es un sistema que utiliza una fuente de calor (arco) y un medio gaseoso creado al quemar un revestimiento de electrodo, que puede lograr la fusión del metal de aporte y la pieza de trabajo.

Las fuentes de poder de soldadura provienen de máquinas de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA) que crean un circuito eléctrico desde el electrodo hasta la pieza de trabajo a través de cables conductores. Cuando el artículo entra en contacto con el electrodo, el circuito se cierra. El arco que se forma es la parte del circuito que encuentra más resistencia y es donde se genera el calor.

La alta temperatura generada por el arco funde el metal base y la varilla de aporte. Esta temperatura también permite que los componentes del recubrimiento se quemen y al gasificarse realicen diversas funciones tales como: desoxidación, eliminación de impurezas, paso de corriente eléctrica y sobre todo protección del metal fundido de la atmósfera. El sistema se caracteriza por su versatilidad y economía. Este proceso se puede aplicar para unir metales diferentes en trabajos pequeños o grandes.

### **Figura 6**

*Soldadura con arco eléctrico*



Nota: Manual de prácticas de soldadura con arco eléctrico. Tomado de: (Landa, 2011)

En su mayoría los procesos de soldadura con arco eléctrico, se agrega un metal de aporte para aumentar el volumen y fortalecer la unión. El movimiento del electrodo lo realiza el operador dependiendo así de la calidad de la unión fundida de la habilidad y trabajo del soldador.

#### **1.2.10. Soldadura con arco eléctrico y gas (GMAW)**

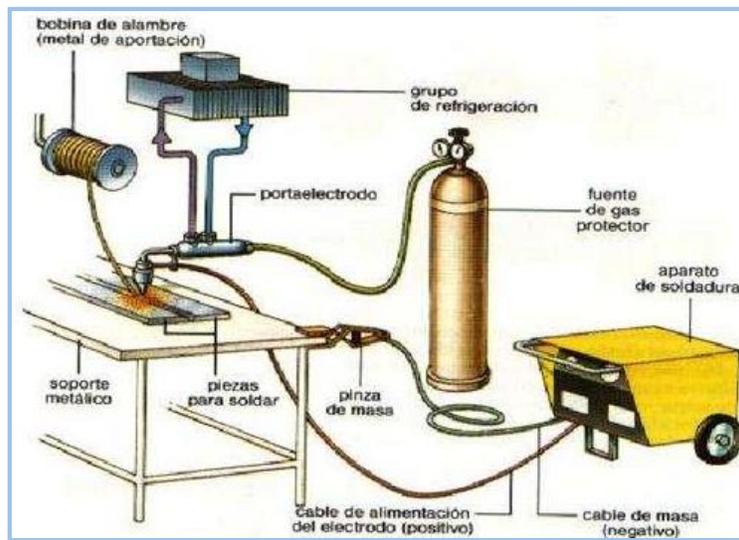
La soldadura GMAW (también conocido en inglés como MIG o usando metal y gas inerte) es un proceso de corriente continua con polaridad invertida en el que los electrodos consumibles

(fijos y desnudos) son aislados de la atmósfera por una atmósfera protectora, generalmente una mezcla de dióxido de carbono, argón o helio. Hay dos formas de aplicar este proceso.

Método de todas las posiciones con soplete manual y método principal automático utilizado principalmente para soldadura en posición plana. La transferencia de metal en el proceso MIG se logra mediante uno de dos métodos: el método de arco rociado y el método de cortocircuito. Los electrodos utilizados en el método del arco rociado tienen un diámetro mayor, de 0,045 a 0,125 pulgadas. Contraste de 0,020 a 0,45 pulgadas, mejores que los utilizados en el método de cortocircuito; el arco siempre está establecido. Por esta razón, el método del arco rociado produce grandes depósitos de metal de aporte.

### Figura 7

#### *Soldadura con arco eléctrico y gas*



Nota: Manual de prácticas de soldadura con arco eléctrico y gas. Tomado de: (Landa, 2011)

Por lo tanto, este método debe limitarse al uso de una o más soldaduras en una posición plana u horizontal y soldaduras de 1/8 de pulgada de espesor o más. El método de cortocircuito es particularmente adecuado para soldar secciones delgadas en cualquier posición de aplicación. La

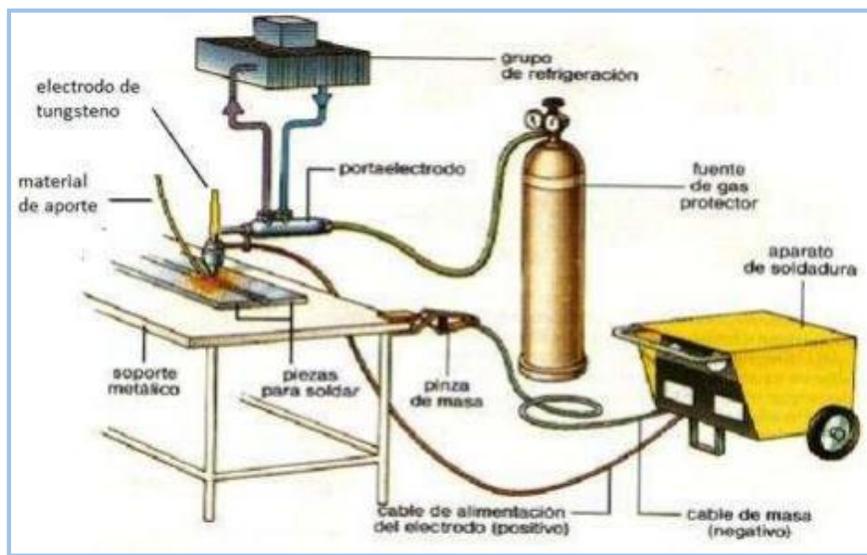
soldadura por arco con protección de fundente es una variación de este proceso en el que se utiliza un electrodo revestido con fundente de suministro continuo junto con una protección de dióxido de carbono. En conclusión, podemos decir que el proceso GMAW es un proceso de soldadura semiautomático, automático o robótico que utiliza electrodos consumibles y continuos alimentados por una antorcha de soldadura; tanto el arco como el baño de fusión están protegidos por un gas inerte o reactivo, creando una atmósfera protectora

### 1.2.11. Soldadura con protección gaseosa y electrodo de tungsteno (GTAW)

La soldadura GTAW (también conocido en inglés como TIG y gas inerte) es un proceso de soldadura por fusión con propiedades especiales para producir soldaduras precisas y de alta calidad. El arco de este electrodo de tungsteno calienta y licua el material de soldadura, al mismo tiempo, el gas de protección fluye desde la boquilla de gas para proteger el material calentado y la piscina líquida fundida de la reacción química con el aire circundante.

#### Figura 8

*Soldadura con protección gaseosa electrodo de tungsteno*



Nota: Manual de prácticas de soldadura tungsteno y gas. Tomado de: (Landa, 2011)

En principio, no se requiere relleno para la soldadura TIG. Aquí, las uniones soldadas se realizan mediante uniones soldadas. Sin embargo, si se va a utilizar relleno, debe introducirse en el baño de fusión manualmente, ya sea a mano o mediante un alimentador de alambre frío especial. Durante la soldadura TIG, el soplete se mueve con un movimiento de perforación para entregar el material de relleno gota a gota o de forma continua, manteniendo el alambre en un baño de soldadura líquido todo el tiempo.

### **1.2.12. Ensayos no destructivos para evaluación de soldaduras**

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de nondestructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades mecánicas, físicas, químicas o dimensionales en base a (López, Lara, & Trujillo, 2011).

Su propósito es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, y partes fabricadas. Los materiales que se pueden inspeccionar son muy diversos, entre metálicos y no-metálicos, utilizados en procesos de fabricación como: fundidos, laminados, forjados, etc. Los ensayos no destructivos suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma y el daño causado a la pieza a analizar, es imperceptible o nulo y buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

#### **1.2.12.1. Ensayos no destructivos con líquidos o tintas penetrantes (PT)**

Los ensayos con líquidos o tintas penetrantes se realizan por medio de la aplicación de un líquido sobre la superficie del cuerpo a examinar, el cual penetra por capilaridad en las imperfecciones de la soldadura. Una vez limpiado el exceso, nos revelará el que ha quedado retenido en la imperfección (poros, fisuras, etc.). Existen dos tipos de líquidos penetrantes, los

fluorescentes y los no fluorescentes, aunque los más utilizados son los no fluorescentes. La característica distintiva principal entre los dos tipos es:

- Los líquidos penetrantes fluorescentes contienen un colorante que flourece bajo la luz negra o ultravioleta.
- Los líquidos penetrantes no fluorescentes contienen un colorante de alto contraste bajo luz blanca.

En la siguiente figura se observan los líquidos o tintas penetrantes que se pueden utilizar para realizar un proceso de evaluación de un cordón de soldadura.

**Figura 9**

*Líquidos penetrantes y su aplicación*



Nota: Líquidos penetrantes y su aplicación. Tomado de: (López, Lara, & Trujillo, 2011)

#### **1.2.12.1.1. Procedimiento para la aplicación de líquidos o tintas penetrantes (PT)**

- Limpieza de la superficie de la pieza o cordón de soldadura.
- Aplicación del líquido o tinta penetrante.
- Medida del tiempo de penetración del liquido

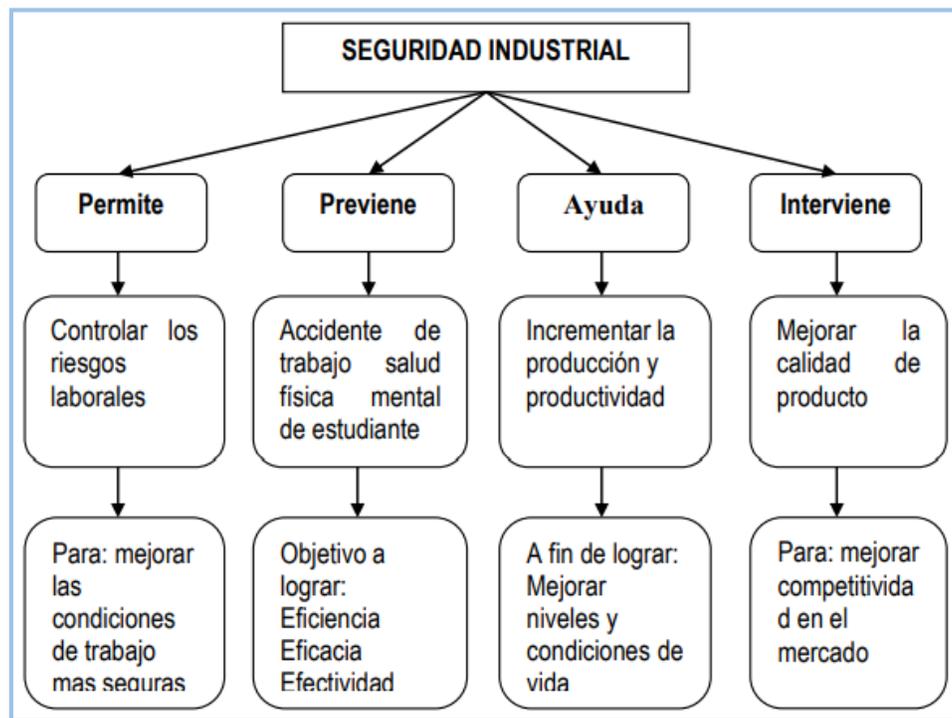
- Eliminación del líquido sobrante.
- Aplicación del líquido revelador.
- Examinación de la pieza o cordón de soldadura
- Limpieza final de la superficie de la pieza.

### 1.2.13. La seguridad industrial

La seguridad industrial es un conjunto de normas, procedimientos y políticas diseñadas para proteger la integridad física de los estudiantes, por lo que la seguridad industrial en las instituciones educativas es de gran ayuda para cualquier taller de maquinaria.

**Figura 10**

*Importancia de la seguridad industrial*



Nota: Organizador grafico de la seguridad industrial Tomado de: (Guamán & Lema, 2016)

Por lo tanto, el principal objetivo de sus esfuerzos es prevenir los accidentes de trabajo y asegurar condiciones favorables en el medio ambiente en el que se desarrollan las actividades laborales, que permitan mantener un nivel óptimo de salud de los trabajadores.

#### **1.2.13.1. Ventajas de la seguridad**

Eliminar los riesgos laborales que puedan perjudicar a los estudiantes, los más peligrosos, la prevención y accidentes y producción eficiente van de la mano. Es importante mantener el taller en buen estado ya que garantizará la seguridad de operación. La implementación del programa de seguridad industrial genera un ambiente seguro a realizar las actividades diarias con seguridad y tranquilidad.

**Tabla 5**

*Ventajas de la seguridad*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducir los costos asociados con los daños a la propiedad.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Crear un ambiente de taller con condiciones suficientes para el desarrollo de actividades para mejorar el efecto de aprendizaje.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejorar la calidad del trabajo de los estudiantes.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La reducción del tiempo perdido por interrupciones del trabajo tiene un efecto beneficioso sobre el tiempo disponible.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Evitar la recurrencia del accidente.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducir los costos relacionados con los daños.</li></ul>

Nota: Fuente los autores

### 1.2.13.2. Riesgos y accidentes por soldadura

En base a (INDURA, 2007) algunos riesgos de accidentes son causados por corrientes eléctricas, como quemaduras, incendios y explosiones.

El contacto eléctrico directo puede ocurrir en circuitos de potencia debido a cables flexibles o conexiones a fuentes de energía o máquinas y defectos de aislamiento en circuitos de soldadura. Los errores de voltaje pueden resultar en contacto eléctrico indirecto con el cuerpo de la máquina. Las quemaduras en los ojos pueden ser causadas por partículas que sobresalen del propio arco y de las piezas que se están soldando, o de la operación de corte.

#### Figura 11

*Riesgos y accidentes de soldadura*



Nota: Seguridad al usar un equipo de soldadura. Tomado de: (INDURA, 2007)

Las explosiones y los incendios pueden ser causados por trabajar en un ambiente inflamable o trabajar en un tanque con líquidos inflamables o soldar tanques con productos inflamables.

## CAPÍTULO II

### 2.1. Clasificación de los aceros bajo normativa internacional

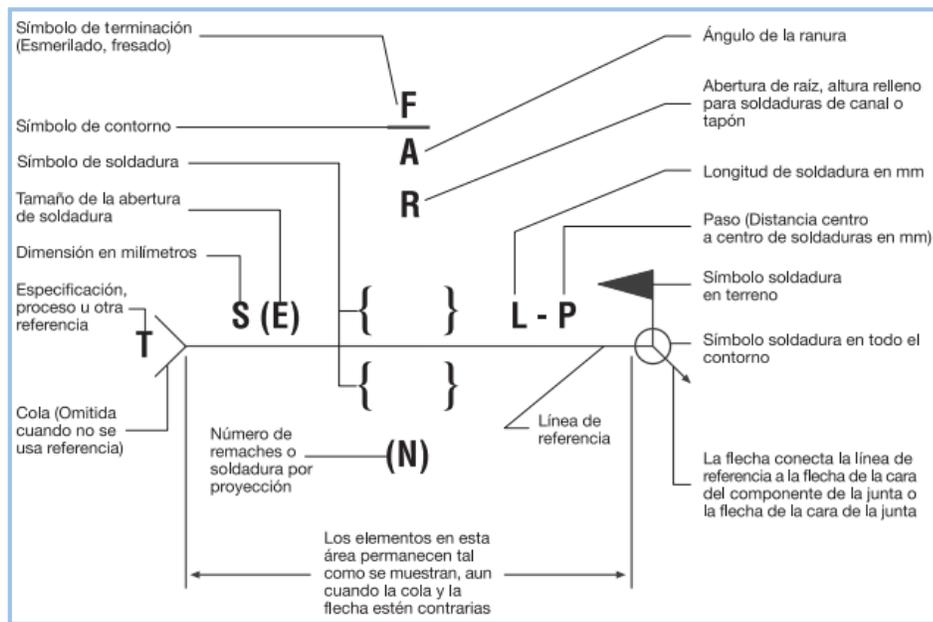
La normativa de regulación es diferente para cada país, en la cual se determina los distintos tipos de aceros, los aceros que provienen de porcentajes de carbono y sus aleaciones con elementos como níquel, vanadio, molibdeno, cromo, etc., se los clasifica en base a nomenclaturas especiales dependiendo la norma o casa de fabricación, facilitando así la designación y conocimiento. Entre las normas más utilizadas se tiene: DIN, SAE, ASTM, NF AENOR, etc. En el anexo B, se puede encontrar la tabla de comparación de aceros correspondiente a la normativa que lo regula.

### 2.2. Simbología en soldadura

El sistema de símbolos de especificación técnica de soldadura es un método claro, preciso y organizado para transmitir información operativa.

#### Figura 12

*Ubicación estándar de los elementos de la simbología de soldadura*



Nota: Simbología en soldadura. Tomado de: (INDURA, 2007)

En el anexo C, se muestran algunos ejemplos de las aplicaciones de la simbología de soldadura.

### 2.3. Los electrodos

Los electrodos de proceso AW se dividen en consumibles y no consumibles. Un electrodo no utilizable se refiere a un electrodo que no se incorpora al metal base durante la operación y está hecho principalmente de tungsteno. Los electrodos consumibles en la soldadura por arco contienen metal de aporte; vienen en dos formas principales: varillas (también llamadas palos) y alambres. Los electrodos suelen tener entre 225 y 450 mm de largo y 9,5 mm de diámetro o menos.

El problema con los electrodos consumibles es que, al menos en las operaciones de producción, deben reemplazarse regularmente, lo que reduce el tiempo de arco del soldador. El alambre consumible tiene la ventaja de que puede alimentarse continuamente al baño de fusión desde un carrete que contiene una gran cantidad de alambre.

Los electrodos revestidos se clasifican según las propiedades mecánicas del metal depositado, el tipo de recubrimiento en el que se puede utilizar el electrodo y el tipo de corriente y polaridad de uso. Los tipos de soldadura adecuados para estructuras metálicas son arco con electrodos metálicos, aplicación manual y automática. Los procesos recomendados son la soldadura manual con electrodos revestidos, la soldadura automática por arco sumergido, la soldadura con protección de gas y la soldadura con electrodos de núcleo fundente.

#### **Tabla 6**

##### *Recomendaciones para la selección del electrodo adecuado*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Propiedades de los metales base.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Dimensiones de la pieza a soldar.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de corriente suministrada por la máquina de soldar.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posición o posiciones de soldado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de conexiones y facilidad de sujeción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el depósito debe tener ciertas propiedades especiales, tales como: resistencia a la corrosión, alta resistencia a la tracción, flexibilidad, etc.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la soldadura debe cumplir con las condiciones de alguna norma o especificación especial.</li> </ul>

Nota: Selección del electrodo adecuado Tomado de: (INDURA, 2007)

### **2.3.1. Fundentes y materiales de aportación**

Dentro de los materiales de aportación y fundentes se tiene los siguientes como se indica en la siguiente Figura 12.

#### **Figura 13**

*Fundentes y materiales de aportación*

H-77 (AWS A5.1) Electrodo de acero al carbono, recubierto, para soldadura por arco eléctrico.

H-86 (AWS A5.5) Electrodo de acero de baja aleación, recubierto, para soldadura por arco eléctrico.

H-108 (AWS A5.17) Electrodo desnudo de acero al carbono y fundente para soldadura por arco eléctrico sumergido.

H-97 (AWS A5.18) Metales de aporte de acero al carbono para soldadura por arco eléctrico protegido con gas.

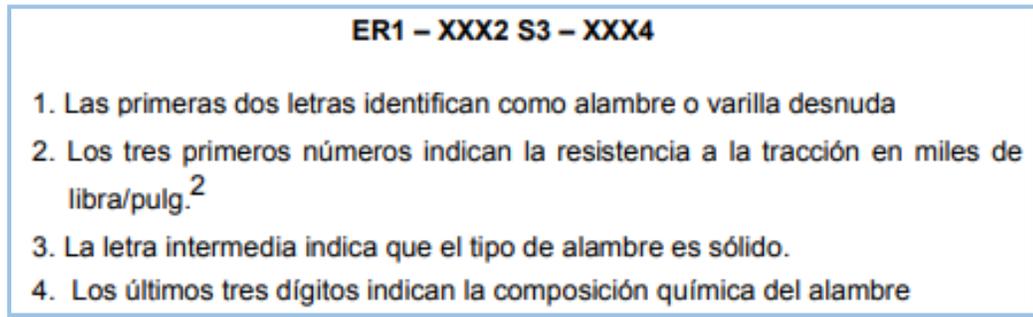
H-99 (AWS A5.20) Electrodo de acero al carbono para el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo tubular continuo.

Nota: Procesos de fusión con depósito de material. Tomado de: (García, 2009)

La clasificación AWS para soldadura MIG, en metales de baja aleación de acero con arco protegido por gas, se puede observar en la figura 13.

#### **Figura 14**

*Clasificación AWS para metales de baja aleación de acero*

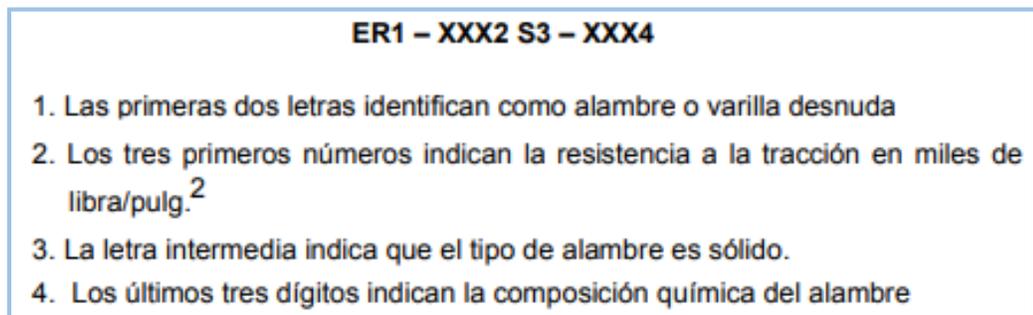


Nota: Clasificación AWS para soldadura MIG. Tomado de: (García, 2009)

Para los metales de aporte con alto porcentaje de acero al carbón de arco protegido con gas, se puede observar en la figura 14.

#### **Figura 15**

*Clasificación AWS para metales de alto porcentaje de acero al carbón*



Nota: Clasificación AWS para soldadura MIG. Tomado de: (García, 2009)

Dentro de los gases protectores para el proceso de soldadura MIG, se tiene: argón, helio, argón y helio 20-80% y 50-50%, argón y cloro, nitrógeno, etc.

## 2.4. Maquinas o equipos para soldar

Existe gran variedad de equipos y máquinas de soldadura como se indica en la figura 15 y ahora en la actualidad cuentan con indicadores digitales, las más utilizados sin duda alguna siguen siendo las de indicadores analógicos y de proceso SMAW, por sus prestaciones y facilidades de utilización.

**Figura 16**

*Tipos de equipos o maquinadas soldadoras*



Nota: Tipos de soldadoras. Tomado de: (Camarena, 2020)

Además, cualquiera que sea la máquina de soldar consta de las siguientes partes o componentes:

- Componentes fijos, eléctricos, electrónicos y mecánicos.
- Cable neutro o tierra
- Circuito eléctrico básico
- Cable de conexión a la toma de corriente
- Interruptor de encendido y apagado
- Cable porta electrodo
- Regulador de amperaje
- Switch de voltaje

Para la selección de la maquina soldadora se consideró los siguientes parámetros como: Material a soldar, espesor del material, esfuerzo a soportar por la soldadura, potencia eléctrica, actualización tecnológica, versatilidad y la más importante que permita realizar al menos tres procesos de soldadura distintos. Factores a considerar para la selección:

- Amperaje de trabajo que representa la cantidad de corriente que se requiere para fundir un electrodo o un alambre.
- Voltaje al vacío el cual representa al voltaje de trabajo, que sirve para que los electrodos trabajen de una manera adecuada.
- Ciclo de trabajo que hace referencia al tiempo que el equipo puede trabajar en su capacidad total y el tiempo que debe descansar. Nota (Tenga en cuenta que si el equipo es de 200 amperios y cuenta con un ciclo de trabajo del 60% esto quiere decir que el equipo al trabajar en su capacidad total 200 Amp solo puede trabajar 6 minutos y debe descansar 4 minutos.)
- Otro factor determinate a la hora de elegir una fuente de poder o equipo de soldadura es analizar qué tipo de tecnología desarrolla.

Además, se consideró la capacidad de convertir la corriente alterna en continua gracias a una tarjeta electrónica integrada, que nos permite trabajar con diferentes tipos de consumibles (electrodos) es importante conocer que cada electrodo trabaja con un tipo de corriente (alterna o continua) lo que facilita al operario la realización de su trabajo. Otra característica es su tamaño y ligereza, lo que permite que se pueda utilizar en espacios reducidos y haciendo el traslado mucho más fácil y cómodo. Dentro del consumo se tiene menor electricidad que las soldadoras tradicionales y puede modificar la frecuencia de la potencia primaria del equipo, la frecuencia de conmutación va más allá del rango de audio, casi eliminando la contaminación acústica.

## 2.5. Máquina soldadora CENTURY SYN MIG - 200

La estructura electrónica única y el diseño del conducto de aire de esta serie de dispositivos brindan un enfriamiento eficaz para las fuentes de alimentación y aumentan el ciclo de trabajo del dispositivo.

El diseño del conducto del sistema de enfriamiento de aire forzado puede prevenir de manera efectiva el daño a los componentes de potencia y los circuitos de control debido al polvo que el ventilador transporta al equipo. Como resultado, la fiabilidad de la máquina mejora significativamente. El diseño aerodinámico significa que los paneles delantero y trasero se combinan naturalmente con una transición de gran radio. Los paneles frontal y posterior y las manijas de la máquina están recubiertos de goma, lo que hace que la máquina sea muy cómoda de sostener, se adapta bien a la mano y se ve hermosa.

### **Figura 17**

*Máquina soldadora CENTURY SYN MIG - 200*



Nota: Fuente los autores

### **2.5.1. Funciones del equipo**

Dentro de las prestaciones en base a (CENTURY, 2019) que se respalda en el manual de operación se tiene:

- Las funciones MMA, TIG y MIG están disponibles.
- Función de ajuste simple: se proporcionan cuatro grupos de parámetros MIG para CO<sub>2</sub> y gas mixto, utilizando cables  $\Phi 0.8$  y  $\Phi 1.0$ .
- Modo 2T/4T
- Función de encendido de arco de arranque en caliente: haga que el encendido del arco en la soldadura MMA sea más fácil y confiable.
- Función VRD: mantenga al operador seguro cuando la máquina está inactiva.
- Tecnología de fuerza de arco auto adaptativa: mejora el rendimiento de la máquina cuando se utilizan cables de soldadura largos.
- Encendido de arco Advanced Lift en modo TIG.
- Función de alimentación de hilo manual.
- Función de llenado de cráteres autoadaptable: no es necesario el ajuste manual.
- Función de control de quemado: mejora la calidad de llenado de cráteres y la calidad de soldadura

### **2.5.2. Características de rendimiento**

Dentro de las características en base a (CENTURY, 2019) que se respalda en el manual de operación se tiene:

- Tecnología de inversor IGBT avanzada
- Se puede utilizar con una amplia gama de electrodos de soldadura

- La frecuencia de inversión de 33-43 kHz reduce en gran medida el tamaño y el peso de la soldadora.
- La tecnología de control avanzada cumple con las diversas aplicaciones de soldadura y proporciona un excelente rendimiento de soldadura.
- Arranque de arco fácil, menos salpicaduras, corriente estable y buena conformación del cordón de soldadura.
- Diseño resistente al agua, antiestático y anticorrosión.

### 2.5.3. Datos técnicos

Dentro de los datos técnicos en base a (CENTURY, 2019) que se respalda en el manual de operación y se observa en la figura 17.

**Figura 18**

*Datos técnicos máquina para soldar CENTURY SYN MIG - 200*

<b>Model</b>		<b>MIG-200</b>		<b>Nº:</b>							
		<b>GB/T 15579.1-2013</b>									
<b>MMA: 20A/20.8V-200A/28V</b>				<b>MIG: 50A/16.5V-200A/24V</b>							
		<b>X</b>	<b>MMA220V</b>		<b>MMA110V</b>		<b>MIG220V</b>		<b>MIG110V</b>		
			60%	100%	60%	100%	60%	100%	60%	100%	
	<b>U0=56V</b>	<b>I2</b>	200A	155A	200A	155A	200A	155A	200A	155A	
		<b>U2</b>	28V	26.2V	28V	26.2V	28V	26.2V	28V	26.2V	
	<b>U1~110/220V</b> <b>60HZ</b>	<b>MIG</b>	<b>I1max=24A</b>			<b>I1eff=16.7A</b>					
		<b>MMA</b>	<b>I1max=24.5A</b>			<b>I1eff=17.6A</b>					
<b>IP21S</b>		<b>F</b>									

Nota: Datos técnicos soldadora CENTURY. Tomado de: (CENTURY, 2019)

#### 2.5.4. Descripción de componentes

Dentro de la descripción de componentes en base a (CENTURY, 2019) que se respalda en el manual de operación y se observa en la figura 18.

#### Figura 19

*Descripción de componentes*



Nota: Descripción de componentes CENTURY. Tomado de: (CENTURY, 2019)

- Perilla de control de velocidad de corriente/alimentación de alambre
- Ventana de visualización actual
- Indicador 2T
- Indicador 4T
- Tecla de interruptor 2T/4T
- Interruptor de selección del modo de soldadura
- 7Interruptor de gas/sin gas
- Terminal de salida "+"

- Terminal de salida "-"
- VRD ENCENDIDO
- VRD APAGADO
- Perilla de control de voltaje/fuerza de arco/tiempo de pendiente descendente
- Ventana de visualización de voltaje
- Cable de alimentación de entrada
- Entrada de gas
- Interruptor de encendido

#### 2.5.4.1. Cables y porta electrodo

Estos son elementos principales para llevar a la practica el proceso de soldado, además son los conductores aislados que llevan la corriente de bajo voltaje y alto amperaje hasta la pieza que se está soldando.

#### Figura 20

*Cables y porta electrodos para soldadura MMA y MIG*



Nota: Fuente los autores

- Cable de tierra o neutro va conectado a la pieza donde se encuentra el electrodo.
- Cable porta electrodo sale del bobinado, hacia la pieza.
- Porta electrodo o pinza donde se encuentra el electrodo que vamos a utilizar para realizar la soldadura.
- Pinza de masa que se utiliza para sujetar el cable de masa a la pieza a soldar facilitando un buen contacto entre ambos.

## **2.5.5. Instalación y selección de los diferentes tipos de soldadura**

### **2.5.5.1. Conexión de entrada**

Antes de conectar la máquina, debe asegurarse de que esté disponible el suministro correcto. Los detalles de los requisitos de la máquina se pueden encontrar en la placa de datos de la máquina o en los parámetros técnicos que se muestran en el manual. El equipo debe ser conectado por una persona competente debidamente calificada. Asegúrese siempre de que el equipo tenga una conexión a tierra adecuada.

### **2.5.5.2. Conexión de salida**

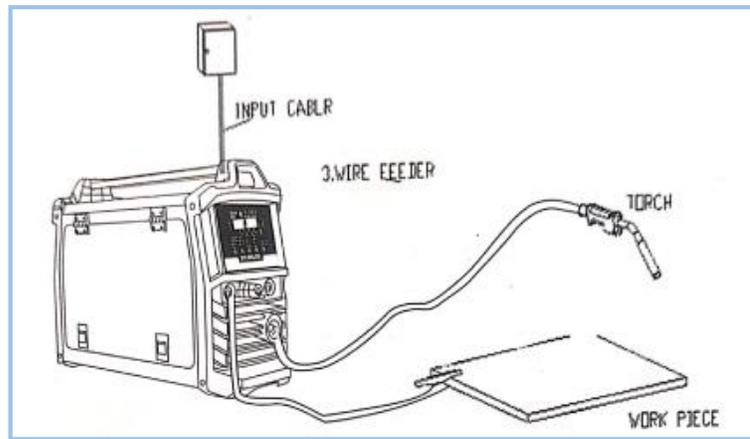
En general, cuando se utilizan electrodos de soldadura por arco manual, el portaelectrodos se conecta al terminal positivo y el retorno de trabajo al terminal negativo. Consulte siempre la hoja de datos del fabricante del electrodo si tiene alguna duda. Al usar la máquina para soldadura TIG, la antorcha TIG debe conectarse a la terminal negativa y el retorno del trabajo a la terminal positiva.

### **2.5.5.3. Soldadura MMA**

Inserte el enchufe del cable con el portaelectrodos en el enchufe "+" en el panel frontal de la máquina de soldar y apriételo en el sentido de las agujas del reloj.

## Figura 21

### *Funcionamiento soldadura MMA*



Nota: Instalación y funcionamiento CENTURY. Tomado de: (CENTURY, 2019)

Inserte el enchufe del cable de retorno de trabajo en el enchufe "-" en el panel frontal de la máquina de soldar y apriételo en el sentido de las agujas del reloj.

#### **2.5.5.4. Soldadura MIG**

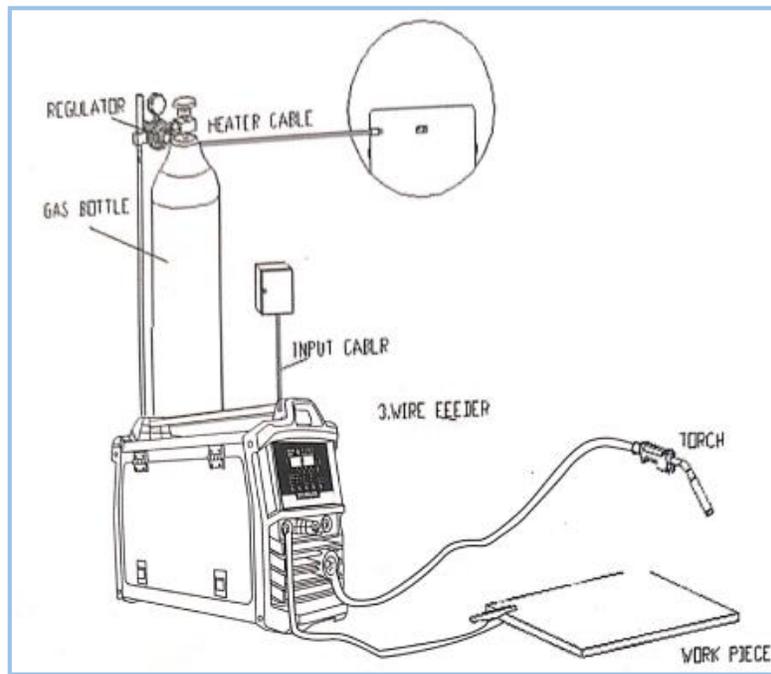
Introducir el soplete en la toma de salida conector para soplete en MIG del panel frontal de la máquina y apretarlo. Instale el carrete de alambre en el adaptador del eje y Conectar el cilindro equipado con el regulador de gas a la entrada de gas en el panel posterior de la máquina con una manguera de gas.

Inserte el enchufe del cable con la pinza de masa en el terminal de salida "-" en el panel frontal del y apretarlo en sentido de las agujas del reloj, de la misma manera se conecta el selector en el terminal de salida "+" de la máquina de soldar y apriételo en el sentido de las agujas del reloj. Asegurarse de que el tamaño de la ranura en la posición de alimentación en el rodillo impulsor coincida con el tamaño de la punta de contacto de la antorcha de soldadura y el tamaño del alambre que se utiliza. Suelte el brazo de presión del alimentador de alambre para pasar el alambre a través

del tubo guía y dentro de la ranura del rodillo impulsor. Ajuste el brazo de presión, asegurándose de que no se deslice el cable. Una presión demasiado alta provocará la distorsión del alambre, lo que afectará la alimentación del alambre. Presione el botón de avance del cable para sacar el cable de la punta de contacto de la antorcha.

## Figura 22

### *Funcionamiento soldadura MIG con gas*



Nota: Instalación máquina CENTURY. Tomado de: (CENTURY, 2019)

Para el caso de la soldadura autoprotegida sin gas, en el anexo D, se encuentra las conexiones y funcionamiento.

### **2.5.5.5. Soldadura TIG**

Conecte la antorcha TIG y la pinza de trabajo respectivamente y conecte la pieza de trabajo al terminal de salida "+" en el panel frontal, y apriete los tapones en el sentido de las agujas del reloj. Seguidamente conecte el cilindro a la entrada de gas en la parte posterior de la

máquina, ajuste el flujo de gas al valor apropiado y abra la válvula de gas. Tenga en cuenta que la junta debe apretarse para evitar fugas de gas.

### 2.5.6. Operación y funcionamiento de los diferentes tipos de soldadura

Antes de comenzar cualquier actividad de soldadura, asegúrese de tener protección adecuada para los ojos y ropa protectora. También tome las medidas necesarias para proteger a cualquier persona dentro del área.

#### 2.5.6.1. Soldadura MMA

1. Después de conectar los cables de soldadura como se detalla, deberá cambiar el interruptor de encendido en el panel posterior a ON.
2. Seleccione MMA cambiando al modo de soldadura MMA. Hay salida de tensión en ambos terminales de salida.
3. Configure el amperaje en la máquina adecuado para el electrodo que se está utilizando.
4. Consulte a continuación una guía de los amperajes requeridos.

### Figura 23

*Guía de amperajes requeridos para el proceso de soldadura*

Wire diameter (mm)	Short circuit transition	
	Current (A)	Voltage (V)
0.6	40~70	17~19
0.8	60~100	18~19
1.0	80~120	18~21
1.2	100~150	19~23
1.6	140~200	20~24

Nota: Funcionamiento máquina CENTURY. Tomado de: (CENTURY, 2019)

5. Asegúrese de comprobar que tiene la polaridad del electrodo correcta.

### **2.5.6.2. Soldadura MIG/MAG**

1. Conecte los cables de la antorcha MIG como se detalla arriba. Asegúrese de que esté conectado un suministro de gas inerte adecuado.
2. Coloque el interruptor de encendido en el panel posterior en ON, la máquina se inicia con el LED de encendido y el ventilador funcionando.
3. Abra la válvula de gas del cilindro y ajuste el regulador de gas para obtener el caudal deseado.
4. Ajuste la perilla de control de voltaje en MIG y la perilla de control de velocidad de alimentación de alambre en MIG en el panel frontal de la máquina para obtener el voltaje y la corriente de soldadura correctos.
5. Opere el gatillo de la antorcha y se puede realizar la soldadura. Cuando sea necesario, encima de la unidad de alimentación dentro de la máquina para que el electrodo sobresalga correctamente.
6. Un segundo después de que se detenga el arco, se cortará el suministro de gas.

### **2.5.6.3. Soldadura TIG**

1. Después de instalarse correctamente como se muestra en la sección de instalación, cambie el interruptor de alimentación en el panel posterior a la posición ON, la máquina arranca y el ventilador funciona.
2. La ventana de visualización muestra la capacidad nominal y la versión del software en primer lugar, y luego muestra los parámetros relevantes después de varios segundos.
3. Cambie el interruptor de selección del modo de soldadura a TIG.
4. Seleccione el modo de funcionamiento deseado con la tecla de cambio 2T/4T.

5. Seleccione la corriente de soldadura correcta utilizando la perilla de control de corriente según el grosor de la pieza de trabajo, y la ventana de visualización actual muestra este valor preestablecido.
6. Establezca el tiempo de pendiente descendente a través de la perilla de control de tiempo de pendiente descendente.

### **2.5.7. Mantenimiento y solución de problemas**

La siguiente operación requiere conocimientos profesionales suficientes sobre aspectos eléctricos y amplios conocimientos de seguridad. Asegúrese de que el cable de entrada de la máquina esté desconectado del suministro eléctrico y espere 5 minutos antes de quitar las cubiertas de la máquina.

Para garantizar que la máquina de soldadura por arco funcione de manera eficiente y segura, se debe realizar un mantenimiento regular.

Los operadores deben comprender los métodos de mantenimiento y los medios de operación de la máquina de soldadura por arco. Esta guía debería permitir a los clientes llevar a cabo un examen y protección simples por sí mismos, tratar de reducir la tasa de fallas y los tiempos de reparación de la máquina de soldadura por arco, a fin de prolongar la vida útil de la máquina de soldadura por arco.

El mantenimiento debe realizarse con cuidado. Si algún cable se afloja o se extravía, podría ser un peligro potencial para el usuario. En el anexo E, se presentan algunos síntomas o códigos de error donde se expone la causa y solución de los mismos.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. Análisis de la energía requerida en los procesos de soldadura**

#### **3.1.1. Soldadura MMA**

Este proceso opera con corriente continua, pero también puede operarse con corriente alterna de 200 a 1200 amperios usando un voltaje constante de 15 a 32 voltios dependiendo de la aplicación.

La fuente de alimentación debe tener un ciclo de trabajo del 100 %, ya que el tiempo de funcionamiento normal es superior a 10 minutos.

#### **3.1.2. Soldadura MIG**

La fuente de alimentación es del tipo de tensión constante, sin control de corriente, y no se puede utilizar para la soldadura manual de electrodos.

También es adecuado para CC de polaridad inversa entre 150 y 1000 amperios.

#### **3.1.3. Soldadura TIG**

Funciona con rectificadores de CC o CA y utiliza un generador de CC y puede operar de 3 a 350 amperios y de 10 a 35 voltios.

El ciclo de trabajo es del 60%. Se estima que el electrodo se derrite a 6170 F durante este proceso.

El dispositivo está disponible en varios tamaños, desde pequeños equipos portátiles hasta estaciones de soldadura de más de 200 kg, corriente de operación de 120 a 240 voltios, unidad de alta frecuencia con generador de pulso de arco integrado, amperímetro y voltímetro, control de balance de corriente, control de boca del cráter de soldadura.

### 3.2. Elaboración de los cordones de soldadura

Esta actividad se la realizó en las instalaciones del taller del área de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego en donde se realizaron las prácticas de los diferentes cordones de soldadura.

Para la investigación se tomó en cuenta filete de acero ASTM A36 que regularmente se encuentra en la estructura de buses y automóviles, se utilizó electrodos AWS E-6011 y alambre ER70S-6 con espesor de 1.2 mm con gas de aporte CO<sub>2</sub>.

#### 3.2.1. Denominación del acero utilizado

En la tabla 7 se presenta la información del acero utilizado para el proceso de soldadura.

**Tabla 7**

*Denominación del acero utilizado*

Datos		Imagen
Material	Acero	
Tipo	ASTM A36	
Espesor	6 mm	
Resistencia a la tracción	400 – 550 MPa	
Porcentaje de elongación	21	
Porcentaje de Carbono	0.25	

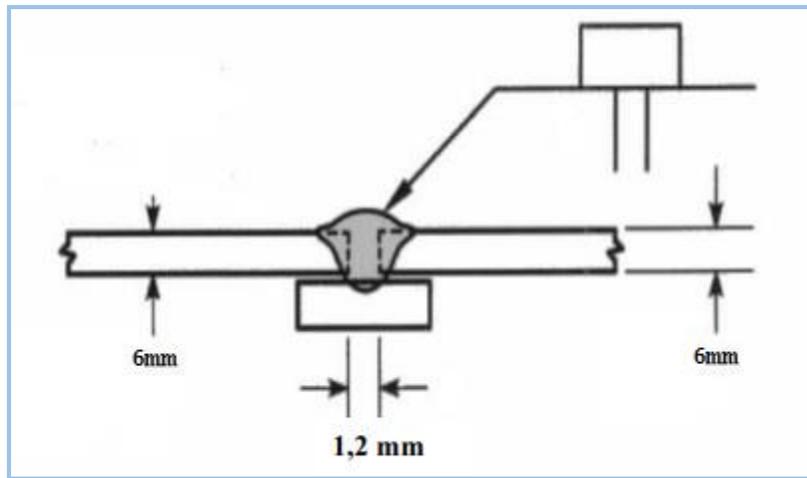
Nota: Fuente los autores

#### 3.2.2. Diseño de la soldadura

En base a la norma AWS D1.3, el diseño de la junta soldada es como se indica en la siguiente figura 23.

**Figura 24**

*Soldadura de ranura, junta a tope*



Nota: Fuente los autores

### **3.2.3. Movimientos del electrodo para realizar un cordón de soldadura**

#### **3.2.3.1. Longitudinal movimiento en ZIG - ZAG**

Es un movimiento en zigzag que realizan los electrodos en línea recta hacia la cuerda. Esta acción se utiliza en una posición plana para mantener caliente el cráter y asegurar una buena penetración. En costuras muy finas, este movimiento se utiliza para evitar la acumulación de calor y así evitar que el material agregado gotee.

**Figura 25**

*Cordón de soldadura longitudinal movimiento en ZIG - ZAG*



Nota: Fuente los autores

### 3.2.3.2. Movimiento circular

Se utiliza principalmente para penetrar perlas que requieren una pequeña cantidad de sedimentación; su uso es común en las esquinas interiores, pero no para el relleno de las capas superiores. Los electrodos describen una trayectoria circular a medida que avanzan.

**Figura 26**

*Cordón de soldadura movimiento circular*



Nota: Fuente los autores

### 3.2.3.3. Movimiento semicircular

Este movimiento garantiza la fusión completa de las uniones soldadas. Los electrodos se mueven a través de la articulación en un arco o media luna, proporcionando una buena fusión del material de los bordes. Recomendado para la soldadura de juntas biseladas y tapado de piezas.

**Figura 27**

*Cordón de soldadura movimiento semicircular*



Nota: Fuente los autores

#### **3.2.3.4. Transversal movimiento en ZIG - ZAG**

El electrodo se mueve de lado a lado a medida que avanza.

Este movimiento se utiliza principalmente para hacer cuerdas anchas, al obtener un buen acabado en sus bordes, es más fácil que la escoria suba a la superficie, lo que facilita la salida de gases y evita la porosidad en el material depositado, es un movimiento muy común por lo tanto se utiliza para soldar en todas las posiciones.

#### **Figura 28**

*Cordón de soldadura movimiento transversal en ZIG - ZAG*



Nota: Fuente los autores

#### **3.2.3.5. Movimiento entrelazado**

Este movimiento se usa a menudo para terminar perlas magnéticas, en cuyo caso se aplica una vibración lateral al electrodo, cubriendo completamente el electrodo.

Es muy importante que el movimiento sea suave mientras se realiza el proceso de soldado, existe riesgo de mala fusión de los bordes de las juntas.

## Figura 29

*Cordón de soldadura movimiento entrelazado*



Nota: Fuente los autores

### 3.2.4. Construcción de los cordones de soldadura

Para la construcción de los cordones de soldadura, se ha utilizado la soldadora CENTURY SY MIG – 200, la cual presenta grandes beneficios, por la facilidad de realizar tres procesos de soldadura en la misma máquina de soldado; los procesos de soldado son MMA, MIG y TIG. Como se puede observar en la figura 29 y 30 la construcción de los cordones de soldado.

## Figura 30

*Construcción de los cordones de soldadura*



Nota: Fuente los autores

### **Figura 31**

*Construcción de los cordones de soldadura*



Nota: Fuente los autores

### **3.3. Análisis de los procesos de soldado**

Ensayos no destructivos por medio de líquidos o tintas penetrantes, se utilizan hasta espesores de 6 milímetros. De esta forma, las imperfecciones aparecen marcadas de forma clara y exacta a lo largo de la pieza a examinar. Siendo muy simple de aplicar y de interpretar, aportándonos un excelente nivel de precisión además este proceso usa un principio físico de capilaridad para permitir el llenado de la discontinuidad y posterior revelado de la indicación.

### **Figura 32**

*Aplicación, ensayo no destructivo tintas penetrantes*



Nota: Fuente los autores

Los principalmente efectos superficiales en los cordones de soldadura son:

- Porosidades,
- Mordeduras,
- Falta de fusión,
- Cristalizaciones,
- Fisuras.

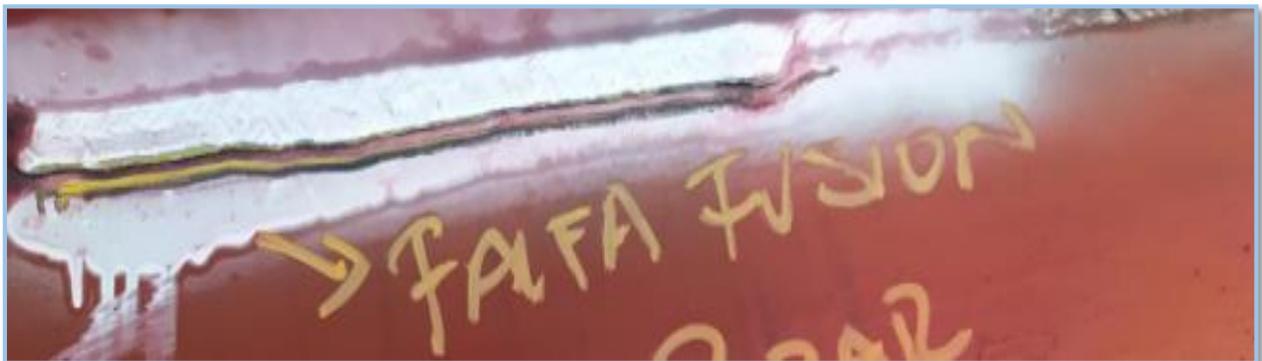
A continuación, se presentan las imágenes de cordones de soldadura cuando no cumplen con un proceso de soldado óptimo y por ende no se acepta, presentando las siguientes características:

### **3.4. Falta fusión**

Se produce en las interfaces de la soldadura, donde las capas adyacentes de metal base y el metal de soldadura no se fusionan debidamente, siendo la causa principal la existencia de una capa muy fina de óxido que se forma en la superficie del metal.

#### **Figura 33**

*Soldadura con imperfecciones por falta de fusión*



Nota: Fuente los autores

### 3.5. Salpicaduras o escorias

En la soldadura la mayoría de las inclusiones contienen escorias, que han quedado atrapadas en el material que se deposita durante la solidificación.

Su origen radica en el revestimiento del electrodo o del fundente empleado el cual sirve para aislar del contacto del aire, disolver y eliminar los óxidos que pueden formarse y favorecer el mojado del material base por el metal de aporte fundido, consiguiendo que el metal de aporte pueda fluir y se distribuya en la unión.

#### **Figura 34**

*Soldadura con imperfecciones por salpicaduras o escoria*



Nota: Fuente los autores

### 3.6. Porosidades

Originadas en burbujas de gas incluidas, siendo su ubicación superficial y subsuperficial. Las causas de su formación pueden ser reacciones químicas durante la soldadura debido a presencia de alto contenido de sulfuro en el electrodo o excesiva humedad en la plancha base o en el electrodo.

### **Figura 35**

*Soldadura con imperfecciones por porosidades*



Nota: Fuente los autores

### **3.7. Proceso de soldadura optimo**

Como se observa en la figura 36, la soldadura se ha realizado de forma óptima, y por ende a través de la aplicación de líquidos o tintas penetrantes, no se observa ninguna imperfección en el proceso de soldado. Se recuerda que es indispensable contar con superficies lisas para así detectar discontinuidades como poros, socavaciones, grietas, falta de fusión, y otras indicaciones generadas por los distintos procesos de soldadura, esfuerzos mecánicos, procesos térmicos; estos pueden producir fallos según su uso o el tiempo al cual estén sometidos los materiales o estructuras.

### **Figura 36**

*Soldadura sin imperfecciones*



Nota: Fuente los autores

Al finalizar la investigación, se encontró que el acero ASTM A 36 soldado con gas de protección CO2 del alambre ER70S-6 (proceso de soldadura GMAW) tiene las mejores propiedades mecánicas de las uniones de acero soldado.

### 3.8. Costos de implementación del equipo

Los costos generados en la implantación del sistema de aire comprimido son los siguientes como se puede observar en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Detalle de los costos en materiales, equipos y mano de obra*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Máquina o equipo de soldadura CENTURY SYN MIG – 200.	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Electrodos AWS E-6011	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Alambre ER70S-6 y Gas CO2	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Acero ASTM A36	1	\$ 50.00	\$ 60.00
Gastos varios	1	\$ 150.00	\$ 150.00
			\$ 720.00

Nota: Valores no contienen IVA

## CONCLUSIONES

Luego de realizar la comprobación de la red de aire comprimido y ponerlo a punto, se puede concluir lo siguiente:

Los procesos de soldadura se están convirtiendo en una herramienta importante en todas las áreas de aplicación de la industria metalmecánica, ya que cada uno se adapta mejor a determinadas situaciones y aplicaciones dependiendo de las necesidades finales de los usuarios que deseen utilizarlos.

Cualquier tipo de proceso de soldadura producirá soldaduras óptimas que tengan las mismas propiedades químicas, metalúrgicas y físicas que el metal base. Para lograr estas condiciones, la soldadura fundida debe protegerse de la atmósfera durante el proceso de soldadura. De lo contrario, el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera se combinarán con el metal fundido y crearán una soldadura débil y porosa.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de soldadura GMAW son la tensión del arco, el diámetro y la posición del electrodo de alambre, así como su composición química y el tipo de gas utilizado. Por otro lado, los principales parámetros del proceso SMAW son el tipo y diámetro de los electrodos utilizados, la corriente de soldadura y la ubicación de los electrodos.

En la soldadura MIG, solo se calienta una pequeña área alrededor de la junta. Se agrega un gas inerte durante la alimentación del alambre para enfriar la superficie y proteger el metal del aire circundante. Previene la oxidación. El alambre de acero no está revestido, sino que consta de un núcleo completamente metálico. En lugar de la formación de escoria (que requiere mucho trabajo para eliminar), esto da como resultado perlas muy suaves.

La soldadura MIG es una de las más utilizadas en la industria por los grandes beneficios que genera al momento de su operación como: mínima salpicadura, no genera escoria, alta velocidad, eficiencia y rapidez en la deposición, los cables y la pistola son extremadamente ligeros y de fácil manipulación.

Para la aplicación de un ensayo de evaluación del proceso de soldadura se puede utilizar, líquido o tinta penetrante la cual se aplica de tres maneras diferentes, como pueden ser por inmersión en un baño, pulverizando el líquido sobre la pieza (spray) que es la más utilizada y extendiéndolo sobre la pieza con una brocha, usándose normalmente un pigmento rojo.

La utilización del proceso de líquidos o tintas penetrantes presenta varias ventajas en la implementación, entre ellas se tiene la fácil realización, la rápida interpretación de resultados y bajos costes de implementación, en comparación a otros ensayos no destructivos. Además, puede permitir la creación de un laboratorio en la institución el cual permita incrementar el control de calidad de los procesos de soldadura que se realicen.

## **RECOMENDACIONES**

La seguridad es parte primordial de la aplicación de cualquier método de soldadura de manera manual, es recomendable el uso de guantes, gafas o careta y protectores de calzado para evitar las quemaduras producidas por el chispeo de material.

Antes de elegir un método de soldadura, es importante comprender las necesidades y propiedades de la unión, así como las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los metales a unir. Al desarrollar un plan de aplicación de procesos, también es importante considerar las emisiones financieras que desea o tiene el potencial de realizar.

Se debe tener cuidado de aplicar la cantidad adecuada de revelador, pues si se aplica muy poco, es posible que no sea la suficiente cantidad para revelar los posibles defectos, mientras que si se aplica en exceso se puede encubrir o enmascarar los defectos.

## BIBLIOGRAFÍA

Achisol. (2012). *Historia de la soldadura*. Santiago.

Camarena, A. (14 de Agosto de 2020). *CONTINENTE FERRETERO*. Obtenido de <https://continenteferretero.com/blog/post/principales-tipos-de-soldadoras.html>

CENTURY. (Septiembre de 2019). *MANUAL DE OPERACION*. Obtenido de INVERTER WELDER SYN MIG-200: <https://www.weld-eng.co.uk/wp-content/uploads/2019/09/CENTURY-MIG-200-Synergic-MIG-Welding-Inverter-Operation-Manual.pdf>

García, P. (2009). *GUÍA COMPARATIVA DE PROCESOS DE FUSIÓN CON DEPÓSITO DE MATERIAL*. Mexico.

Guamán, M., & Lema, C. (2016). *LA SOLDADURA ELÉCTRICA Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LOS ESTUDIANTES DE SÉPTIMO SEMESTRE ESPECIALIDAD MECÁNICA INDUSTRIAL-AUTOMOTRIZ DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN TÉCNICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015*. Riobamba.

INDURA, S. (15 de Julio de 2007). *Sistema de Materiales y Soldadura*. Obtenido de <http://www.indura.com.ar/content/storage/ar/biblioteca/57635ba3431f41aea58748d4662f578b.pdf>

Landa, C. (2011). *MANUAL DE PRACTICAS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO MANUAL (TIG, MIG, SMAW)*. XALAPA.

López, R. O., Lara, H. P., & Trujillo, C. H. (2011). *Aplicación y selección de ensayos no destructivos para la evaluación de uniones soldadas*. Andalucía: Scientia et technica.

Newell, J. (2010). *Ciencia de materiales - aplicaciones en ingeniería*. Alfaomega Grupo Editor.

Pastor, F. (2003). *Introducción a la metalurgia de la soldadura*. Lima.



## Anexo B

Comparación de aceros según la norma de regulación.

### Comparación de Aceros según Normas ASTM, DIN, BS, NF.AFNOR y AISI.

ASTM		DIN		B. S.	NF - AFNOR
Norma	Grado	Tipo	Nº Material		
A-36	-	UST- 47.2	1.0040	43 B	E - 26.2
A 36	-	RSt- 47.2	1.0042	-	E - 26.3
A 53	A	St 37.2	1.0036	320	-
A 53	A	St 35	1.0308	320	-
A 53	B	St 45	1.0408	410	-
A 53	B	St 42.2	1.0040	410	-
A 105	-	C 22	1.0402	221-490	XC18S
A 106	A	St 35.8	1.0305	23 S	-
A 106	B y C	St 45.8	1.0405	27 S	-
A 134	-	-	-	151-28	-
A 134	-	-	-	161-28	-
A 139	-	-	-	161-28	-
A 139	-	-	-	161-28	-
A 161	L-CS	St 35.8	1.0305	33	C 10 d
A 161	T1	15 Mo 3 / 16Mo 5	1.5423	-	15 D 5
A 169	-	St 35.4	1.0309	33 CDS	C 12 d
A 179	-	St 35.8	1.0305	-	A 37 (BNTA)
A 192	-	St 35.8	1.0305	33 SS	-
A 182	F1	15Mo 3	1.5415	240-490	-
A 182	F5	12 CrMo 19.5	1.7362	625-520	-
A 182	F11	24 CrMo V-55	1.7733	661-440	15 CD 5.05
A 182	F22	10CrMo 910	1.7380	622-490	12 CD 9.10
A 182	F304	X CrNi 18 9	1.4301	304-S15	26 CN 18.09

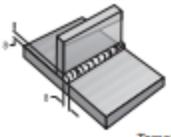
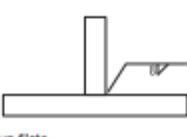
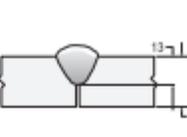
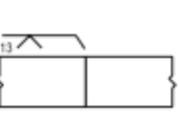
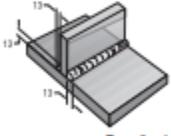
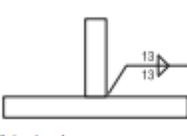
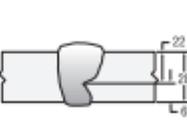
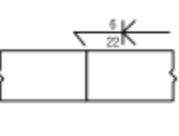
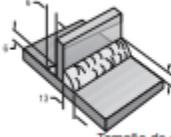
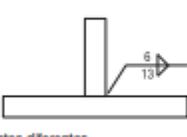
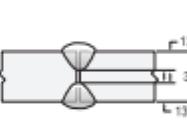
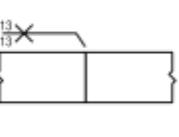
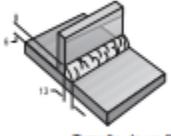
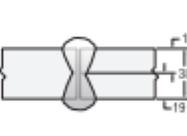
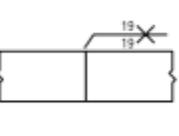
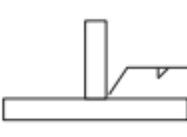
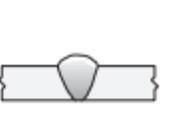
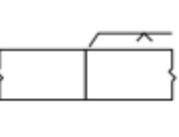
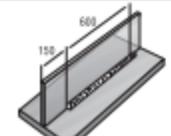
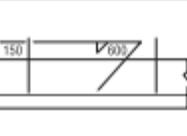
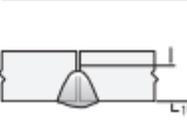
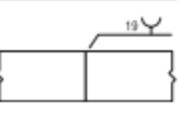
A 182	F304L	X CrNi 18 9	1.4306	304-S12	Z2 CN 18.10
A 182	F316	X5 CrNiMo 18 10	1.4401	316-S16	Z6 CND 17.11
A 182	F316H	X5 CrNiMo 18 12	1.4436	316-S49	-
A 182	F316L	X5 CrNiMo 18 10	1.4404	316-S12	Z2 CND 17.12
A 182	F321	X10 CrNiTi 18 9	1.4541	321-S31	Z6 CNT 18.10
A 182	F347	X10 CrNiNb 18 9	1.4550	347-S17	Z6 CN Nb 18.10
A 193	B6	X10 Cr 13	1.4006	410-S21	Z10 C 13
A 193	B7	42 CrMo 4	1.7225	621-A	42 CD 4
A 193	B8	X5 CrNi 18 9	1.4301	801-B	Z6 CN 18.09
A 193	B8M	X5 CrNiMo 18 10	1.4401	845	Z6 CND 17.11
A 194	B16	24 CrMoV 55	1.7733	661	38 CDV 4.05
A 194	2H	C 45	1.0503	162	A60/CC45
A 194	Gr.4	24 CrMo 5	1.7258	240	40 D2
A 194	Gr.8	5 CrNi 18 9	1.4301	801-B	Z6 CN 18.09
A 194	Gr.8M	X5 CrNiMo 18 10	1.4401	845	Z6 CND 17.11
A 199	T5	12 CrMo 19 5	1.7362	625 CD	Z12 CD 5
A 199	T7	X 12 CrMo 7	1.7368	-	Z12 CD 7
A 199	T9	X 12 CrMo 91	1.7386	-	Z12 CD 9
A 199	T11	13 CrMo 44	1.7335	621 CD	Z12 CD 5.05
A 199	T21	10 CrMo 910	1.7380	Part. E 2 1/4 CrMo	Z10 CD 9.10
A 199	T22	12 CrMo 19 5	1.7380	622-42 S1	Z12 CD 9.10
A 200	T5	12 CrMo 19 5	1.7362	625 CD	Z12 CD 5
A 200	T7	X 12 CrMo 7	1.7368	-	Z 12 CD 7
A 200	T9	X 12 CrMo 91	1.7386	-	Z 12 CD 9
A 200	T11	13 CrMo 44	1.7335	625 CD	Z 12 CD 5.05

ASTM		DIN		B. S.	NF - AFNOR
Norma	Grado	Tipo	Nº Material		
A 200	T22	12 CrMo 19 5	1.7380	622-42 S1	Z 12 CD 9.10
A 209	T1	15 Mo 3/ 16 Mo 5	1.5423	WP1	15 D 5
A 209	T1a	15 Mo 3/ 16 Mo 5	1.5423	WP1	20 D 5
A 209	T1b	15 Mo 3/ 16 Mo 5	1.5423	WP1	20 D 5
A 210	A-1	St 45.8	1.0405	45	A 42 C 2
A 213	T5	12 CrMo 19 5	1.7362	625 CD	Z12 CD 5
A 213	T9	X 12 CrMo 91	1.7386	-	Z 12 CD 9
A 213	T11	13 CrMo 44	1.7335	625 CD	Z 12 CD 5.05
A 213	T22	12 CrMo 19 5	1.7380	622-42 S1	Z 12 CD 9.10
A 285	A y B	H I	1.0345	23 A, B	A 37-C1
A 312	304	X CrNi 18 9	1.4301	304-S15	Z6 CN 18.09
A 312	304H	X CrNi 18 9	1.4301	304-S49	Z6 CN 18.09
A312	304L	X CrNi 18 9	1.4306	304-S12	Z2 CN 18.10
A 312	316	X5 CrNiMo 18 10	1.4401	316-S16	Z6 CND 17.11
A 312	316H	X5 CrNiMo 18 12	1.4436	316-S49	-
A 312	316L	X5 CrNiMo 18 10	1.4404	316-S12	Z2 CND 17.12
A 312	310	-	-	310-S12	Z12 CN 25.20
A 312	321	X10 CrNiTi 18 9	1.4541	321-S31	Z6 CNT 18.10
A 312	347	X10 CrNiNb 18 9	1.4550	347-S17	Z6 CND 18.10
A 312	316 Ti	X6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	320 S18	Z8 CNDT 17.12
A 312	317L	X6 CrNiMo 18 15 4	1.4438	-	Z2 CNDT 19.15
A 312	904L	X1 CrNiMoCu 17 13 3	1.4539	904 S13	Z2 NCDU 25-20
A 285	C	H II	1.0345	26 A, B	A 42-C1

A 333	6	TTSt 45 N	1.0456	HFS 27 / LT 50	A 42 FP 2
A 333	3	10 Ni 14	1.5637	HFS 503 / LT 100	3.5 Ni
A 333	8	X 8 Ni 9	1.5662	-	9 Ni
A 334	1	TTSt 41 N	1.0437	-	-
A 334	6	TTSt 45 N	1.0456	HFS 27 / LT 50	A 42 FP 2
A 334	3	10 Ni 14	1.5637	HFS 503 / LT 100	3.5 Ni
A 334	8	X 8 Ni 9	1.5662	-	9 Ni
A 335	P1	15 Mo 3 / 16 Mo 5	1.5523	-	-
A 335	P5	12 Cr Mo 195	1.7362	HF 625	Z 12 CD 5
A 335	P7	X 12 CrMo 7	1.7368	-	Z 12 CD 7
A 335	P9	X 12 CrMo 91	1.7386	-	Z 12 CD 9
A 335	P11	-	1.7335	HF 621	12 CD 5.05
A 335	P12	-	1.7335	HF 620	13 CD 4.04
A 335	P21	7 10 CrMo 910	1.7380	WP 22	10 CD 9.10
A 335	P22	-	1.7380	HF 622	12 CD 9.10
A 516	55	ASt 41	1.0426	26 A, B	A 37-P2
A 516	60	ASt 45	1.0436	28 A, B	A 42-P2
A 516	65	ASt 45	1.0436	30 A, B	A 48-P2
A 516	70	ASt 52	1.0577	32 A, B	A 52-P2
API STD 5L	A	St E 210.7	1.0307	-	-
API STD 5L	B	St E 240.7	1.0457	-	-
API STD 5L	X42	St E 290.7	1.0484	-	-
API STD 5L	X46	St E 320.7	1.0409	-	-
API STD 5L	X52	St E 360.7	1.0582	-	-
API STD 5L	X60	St E 415.7	1.8972	-	-

## Anexo C

Aplicaciones de la simbología de soldadura.

Soldadura	Simbología	Soldadura	Simbología
<b>Ejemplo de soldadura de filetes</b>		<b>Ejemplo de soldadura de tope con bisel</b>	
			
Tamaño de un filete			
			
Tamaño de dos filetes iguales			
			
Tamaño de dos filetes diferentes			
			
Tamaño de un filete de tamaño diferente			
			
Filete continuo			
			
Longitud de un filete			

## Anexo D

### Instrucciones para soldadura autoprotegida sin gas

#### Soldadura autoprotegida sin gas

Inserte la antorcha de soldadura en el enchufe de salida "Euro conector para antorcha en MIG" en el panel frontal de la máquina y apriétela.

Inserte el cable conectar con el trabajo abrazadera en el salida "+" terminal en el panel frontal de la soldadura máquina, y apretarlo agujas del reloj.

Inserte el rápido enchufe del selector gas / no gas en el "-" terminal de salida en el medio plato de la soldadura máquina, y apretarlo agujas del reloj.



Instale el carrete de alambre en el adaptador del husillo, asegurándose de que el tamaño de la ranura en la posición de alimentación en el rodillo impulsor coincida con el tamaño de la punta de contacto de la antorcha de soldadura y el tamaño del alambre que se utiliza. Suelte el brazo de presión del alimentador de alambre para pasar el alambre a través del tubo guía y dentro de la ranura del rodillo impulsor.

Ajuste el brazo de presión, asegurándose de que no se deslice el cable. Una presión demasiado alta provocará la distorsión del alambre, lo que afectará la alimentación del alambre. Presione el botón de avance del cable para sacar el cable de la punta de contacto de la antorcha.

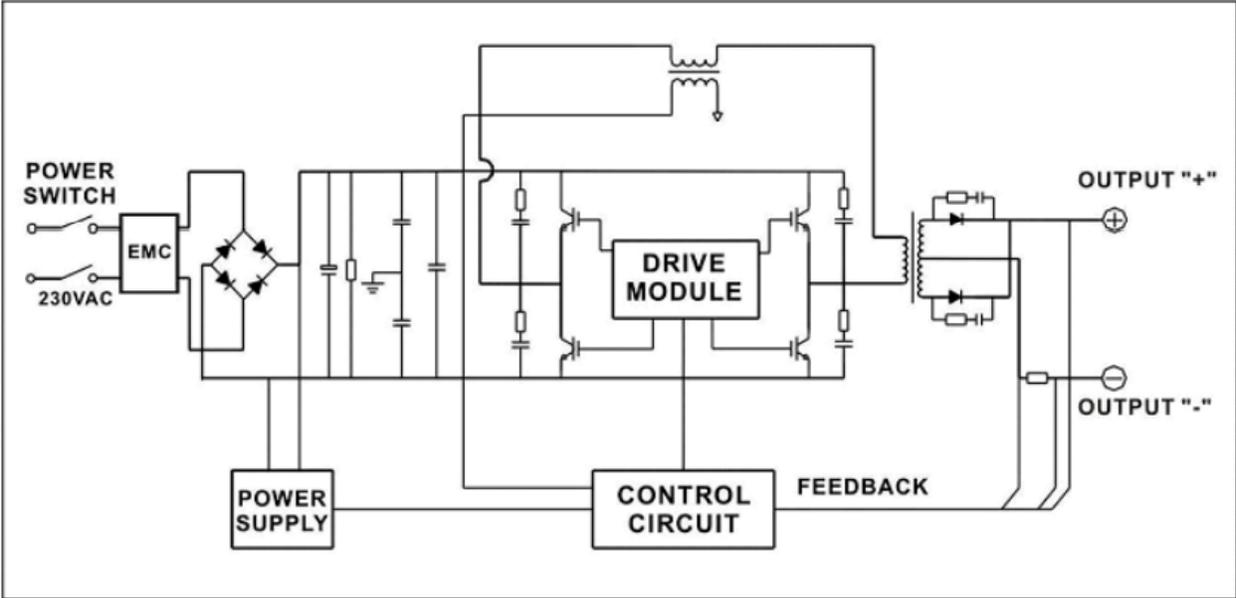
## Anexo E.

### Solución de problemas máquina soldadora

Sintoma	Causa posible	Solución posible
No hay corriente después de encender la máquina.	El cable de alimentación no está conectado.	Vuelva a conectar el cable de alimentación.
	la soldadura la máquina falla.	Póngase en contacto con el servicio Departamento
El ventilador no funciona durante soldadura.	La alimentación del ventilador no está conectada.	Vuelva a conectar la alimentación del ventilador.
	energía auxiliar o el ventilador falla.	Póngase en contacto con el servicio Departamento
La ventana muestra "Error 0".	El dispositivo de poder está por debajo actual o es dañado.	Póngase en contacto con el servicio Departamento
La ventana muestra "Error 1".	La tensión de red es demasiado baja.	Desconecte la máquina de la red eléctrica y vuelva a conectarla cuando se recupere la tensión de red.
	El auxiliar el poder falla	Reemplace la PCB de alimentación auxiliar.
La ventana muestra "Error 2".	Calentamiento excesivo se produce la protección.	Se recuperará automáticamente después de que la máquina se enfríe.
La ventana muestra "Error 3".	Sobrecarga se produce la protección.	Reinicie la máquina. Si el problema persiste, comuníquese con el departamento de servicio.
el sobrecalentamiento D.LCD está encendido.	el sobrecalentamiento circuito de protección obras.	Se recuperará después de que la máquina se enfríe.

**Anexo F**

Esquema eléctrico CENTURY SYN MIG – 200.



**Anexo G**

Práctica de procesos de soldadura.

Materiales y equipos a utilizar.



Procesos de soldadura.



