



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS IMPERFECCIONES  
INTERNAS Y DE SUPERFICIE EN JUNTAS SOLDADAS  
DE ALUMINIO AA1100 UTILIZANDO LOS PROCESOS DE  
SOLDADURA FSW Y GMAW”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**AUTOR:**

Br. Jara Medina, Renato Yanpier (ORCID: 0000-0002-67951877)

**ASESOR:**

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0003-1389-4093)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

**Renato Yanpier Jara Medina**

## **Agradecimiento**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Sonia Medina Barrantes, y Renato Jara Guerra por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi asesor que, con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad

**Renato Yanpier Jara Medina**

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| Dedicatoria.....  | ii        |
| Agradecimiento.....   | iii       |
| Índice.....   | iv        |
| Resumen.....  | viii      |
| Abstract.....   | ix        |
| <b>I. Introducción.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>II. Métodos.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.1. Tipo y Diseño de investigación.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.2. Operacionalización de variables.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>2.3. Población, muestra y muestreo.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.....</b>     | <b>31</b> |
| <b>2.5. Métodos de análisis de datos.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>2.6. Aspectos éticos.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>III. Resultados.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>3.1. Descripción de proceso fsw.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>3.2. Descripción de proceso gmaw.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.3. Parámetros pertinentes de los procesos de soldadura.....</b>                          | <b>37</b> |
| <b>3.4. Ejecución de probetas para end.....</b>   | <b>38</b> |
| <b>3.5. Analizar las imperfecciones en la soldadura aplicando la norma ASME SESIÓN 5.....</b> | <b>39</b> |
| <b>3.6. Comparar resultados de los procesos FSW y GNA.....</b>                                | <b>49</b> |
| <b>IV. Discusión.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>V. Conclusiones.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>VI. Recomendaciones.....</b>   | <b>53</b> |
| Referencias.....  | 54        |

Anexos.....57

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Clases de aluminio .....                                 | 10 |
| Tabla 2. Operacionalización de las variables .....                | 29 |
| Tabla 3. Técnicas e instrumentos.....                             | 31 |
| Tabla 4. Características de una fresadora.....                    | 33 |
| Tabla 5. Características de una fresadora-Spindle Speeds.....     | 34 |
| Tabla 6. Característica del trabajo.....                          | 34 |
| Tabla 7. Proceso fsw.....   | 37 |
| Tabla 8. Proceso gmaw – mig.....                                  | 37 |
| Tabla 9. Tabla de rebaba .....                                    | 40 |
| Tabla 10. Leyenda .....   | 40 |
| Tabla 11. Tabla de túnel. ....                                    | 43 |
| Tabla 12. Leyendas.....   | 43 |
| Tabla 13. Tabla de líquido penetrante .....                       | 45 |
| Tabla 14. Leyenda .....   | 45 |
| Tabla 15. Tabla de estética de soldadura.....                     | 46 |
| Tabla 16. Vista .....   | 47 |
| Tabla 17. Tabla de inclusiones en soldadura .....                 | 48 |
| Tabla 18. Vista .....   | 48 |
| Tabla 19. Tabla de líquido penetrante .....                       | 49 |
| Tabla 20. Leyenda .....   | 49 |
| Tabla 21. Resultados comparativos de los procesos FSW y GNA ..... | 49 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Clasificación de los procesos de soldadura (aws). .....                           | 13 |
| Figura 2. Elementos que interviene en el proceso.....                                       | 14 |
| Figura 3. Cordones en función del tipo de gas. ....   | 16 |
| Figura 4. Esquema del proceso fsw. ....   | 21 |
| Figura 5. Representación del proceso.....   | 22 |
| Figura 6. Zonas microestructurales en la sección trasversal soldado con el proceso FSW..... | 23 |
| Figura 7. Herramienta pin.....  | 35 |
| Figura 8. Máquina de Soldar Power Mig 180C.....   | 35 |
| Figura 9. Alambre 4043.....   | 36 |
| Figura 10. Argón de protección al arco. ....  | 36 |
| Figura 11. Probetas para el proceso fsw. ....   | 38 |
| Figura 12. Probetas para el proceso gmaw – mig. ....  | 38 |
| Figura 13. Soldadura con rebaba continua – 1750rpm a 1mm/seg. ....                          | 40 |
| Figura 14. Soldadura con rebaba discontinua – 1750rpm a 2.3mm/seg. ....                     | 40 |
| Figura 15. Soldadura sin rebaba – 1750rpm a 4mm/seg. ....                                   | 40 |
| Figura 16. Cavidad de salida de herramienta. ....   | 41 |
| Figura 17. Túnel continuo definido – 1750rpm a 4mm/seg. ....                                | 42 |
| Figura 18. Túnel continuo difuso – 1750rpm a 2.3mm/seg. ....                                | 42 |
| Figura 19. Túnel discontinuo difuso – 1750rpm a 1, 1.5mm/seg. ....                          | 42 |
| Figura 20. Soldadura con indicación de LP – 1750rpm a 4mm/seg. ....                         | 44 |
| Figura 21. Soldadura con indicación de LP – 1750rpm a 2.3mm/seg. ....                       | 44 |
| Figura 22. Soldadura sin indicación de LP – 1750rpm a 1mm/seg. ....                         | 44 |
| Figura 23. Soldadura mig con excesivo cordon – 1mm/seg. ....                                | 46 |
| Figura 24. Soldadura mig con adecuado cordon – 2.3mm/seg. ....                              | 46 |
| Figura 25. Soldadura mig con insuficiencia de cordón – 4mm/seg. ....                        | 46 |
| Figura 26. Soldadura continua con inclusiones – 1mm/seg. ....                               | 47 |
| Figura 27. Soldadura continua sin inclusiones – 3mm/seg. ....                               | 48 |
| Figura 28. Soldadura sin indicación de LP. ....   | 49 |

## Resumen

El desarrollo del proyecto es analizar toda aquella imperfección tanto interna como externa en las juntas que han sido soldadas, así mismo verificar aquel proceso que se ha venido haciendo uso con el FSW y el GMAW.

Por ello, dicha investigación se ha visto enfocada en una estadística experimental, aplicando los procesos de soldadura como he mencionado con anterioridad, basados en la norma asme. Habiendo recogido la información necesaria y respectiva con bases teóricas y fundamentadas. Y conforme el desarrollo de la misma, se visualiza los diversos métodos, así como los procedimientos realizados. Obteniendo unos resultados específicos y gratos. Demostrando lo buscado en este planteamiento.

Tras realizar las comparaciones respectivas, así como las interpretaciones estadísticas, se obtuvieron la variación de parámetros de cada soldadura. Manteniendo un enfoque hacia el objetivo planteado en esta investigación.

**Palabras clave:** Imperfecciones, superficies soldadas, procesos de soldadura.



## **Abstract**

The development of the project is to analyze all that internal and external imperfection in the joints that have been welded, as well as to verify that process that has been being used with the FSW and GMAW.

For this reason, this research has been focused on experimental statistics, applying the welding processes as I have mentioned before, based on the asme standard. Having collected the necessary and respective information with theoretical and well-founded bases. And as it develops, the various methods are displayed, as well as the procedures performed. Obtaining specific and pleasant results. Demonstrating what is sought in this approach.

After making the respective comparisons, as well as the statistical interpretations, the variation of parameters of each weld was obtained. Maintaining a focus towards the objective raised in this research.

**Keywords:** Imperfections, welded surfaces, welding processes.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

### 1.1.1. Internacional

Toapanta (2015), nos muestra el gran estudio que dio sobre aquel resultado del tipo de soldaduras aplicadas, las diversas formas en como se aplicaron y lo obtenido.

El examen de tracción nos muestra el como se determinó dichas resistencia y la probabilidad de esa prueba para con su verdadera aplicación, verificando siempre la ductilidad del cordón de soldadura y el ensayo de dureza. La metodología que se usó fue manteniendo un enfoque cualitativo, de modalidad básica, bibliográfica y experimental, de nivel descriptivo y asociativo de variables. Se enfocó en el uso para la fricción extrema FSW, la cual debe arrojar lo esperado, debido a la obtención de muy buenas características del cordón de soldadura generado y por ende, muy buenas propiedades mecánicas resultantes. Sus resultados mostraron que los parámetros del proceso de soldadura FSW utilizado en una unión de las placas de aluminio 6061 fueron la geometría del pin, velocidades de rotación y progreso del instrumento. La prontitud del avance del utensilio de soldadura fue dependiente del espesor de las placas a juntar, el factor de la herramienta (0.1 a 0.4) y el factor del material a unir (para 6061 es 1200). A mayor presteza de revolución del arma mayores flujos de calor y de temperatura son alcanzados, y viceversa. El tipo de junta realizado sobre las placas de aluminio fue a tope, concluyendo que el proceso FSW coadyuva a la mejora de la resistencia y ductilidad pero no de la dureza.

Pérez (2018) en su investigación de Quito, Ecuador. Tuvo como objetivo demostrar la evaluación de una soldadura por fricción-revolución (FSW) en Aleaciones de Aluminio 7075. Se utilizó una indagación descriptiva con diseño experimental con la finalidad de obtener datos precisos. Este proceso es la unión de estado sólido respectivamente nuevo, utilizado principalmente en la industria manufacturera por sus grandiosos beneficios. Los resultados hacen mención a los factores influyentes como la resistencia mecánica de la junta soldada, donde se obtiene un porcentaje de elongación de las probetas ensayadas entre 7.5% y 8.4%. En cuanto a las temperaturas máximas el error porcentual es de 1.6% para la termocupla que estuvo 2 mm por debajo de la superficie y cuando se encontró a 1 mm de la superficie superior fue del 1.7% . Se llegó a concluir que la firmeza aforismo en elasticidad de la ensambladura es del 90% de las tenacidades del basto asiento sin ningún tipo de tratamiento.

Villa (2016) en su investigación en Barranquilla, Colombia. Cuyo objetivo fue tasar la eficacia cálida del sumario de adherencia por frote/convulsión en reúnes pegadas usando aleación. Se empleó una investigación descriptiva con diseño experimental, donde se utilizó una geometría. Las vigencias calientes logradas para el asunto existieron superiores en los supuestos analizados ( $\eta \geq 0.8$ ). En el caso donde se uso la herramienta plana en una máquina fresadora adaptada para el proceso y un artefacto especialista se presentaron en ambos casos eficiencias por encima del 90% para el modelo de adherencia y para deslizamiento esta por encima del 80%, manifestándose una diferencia del 10%. Por el contrario, cuando se utilizó una herramienta de hombro modificado, concéntrico y en espiral, los datos de eficacia están en el orden de 82 a 88%. Se concluyó que las microestructuras

presentadas para cada cordón de soldadura, se establece que efectivamente el desarrollo de soldadura por fricción-agitación es totalmente eficiente.

Zapata (2013) en su tesis doctoral, tuvo como objetivo la evaluación como ver la parte residual en base a los parámetros del proceso en juntas de aluminio AA2024 T3 y AA6061 T6 unidas por medio del cambio de FSW y la forma de utilizar los cambios. Sus consecuencias expusieron que los incrementos en el parámetro de prontitud de revolución del utensilio tuvo una incidencia de menores esfuerzos residuales en las juntas que el autor analizó, lo cual se relacionó al ingreso de las temperaturas en todo su fin expuesto en su entorno por causa de mayores velocidades de rotación. Al cambiar la forma en como su superioridad de cada uno de ellos se varían con su velocidad y esfuerzo de rotación de cada instrumento en sí, permitiéndole concluir que ese la parte final y con ella el punto crucial con cada parte residual.

### **1.1.2. Nacional**

Curo (2019) en su tesis de pregrado nos muestra claramente su diseño de soldadura y con ello puede reducir ciertas uniones del chasis y todo ello llevado a cabo en la región del Cusco, dejándolo en claro que si hubo alguna fisura con anterioridad, no se observará en el futuro. Sus resultados mostraron que queda mejor con ese tipo aplicado ya que su proceso sería menor, es decir menor calor y lo que ello conlleva, garantizando un mejor trabajo visto de distintas perspectivas y obteniendo un equipo mejor en todas sus áreas. El (ZAC) hace que se disminuya en un gran porcentaje todo lo mínimo observable pero que no dejaría en tan buen estado el instrumento. En conclusión, el GMAW hace que se vea mucho mejor la reparación y todo lo que se deriva de ello

manteniendo una calificación buena y viable para poder ser aplicada desde los distintos puntos de vista.

### **1.1.3. Local**

Rico (2017), en su investigación "Diseño de "PIN-HOMBRO" del proceso FSW para mejorar juntas soldaduras de aleaciones de aluminio en "Fundición Chepén"-Chiclayo-2017". Cuyo objetivo fue diseñar un sistema de pin hombro del proceso FSW para optimizar las juntas soldadas de aleaciones de aluminio en Fundición Chepén. El estudio estuvo basado en una investigación descriptiva con diseño no experimental, la población estuvo conformada por todas las juntas soldadas de aluminio de las que se seleccionó como muestra a las juntas de aluminio realizadas en las probetas, ejecutando procesos FSW en Fundición Chepén. Los resultados fue que la junta en probetas de aluminio fundido 4032 y 2618, con soldadura por arco eléctrico y sus acabados no son muy eficientes, por lo que es necesario molar los altos que permanecen elevados a la superficie y posteriormente realizar el nuevo soldado donde han quedado grietas originado por la deficiente fusión del cordón. La conclusión fue que el diseño demostrado se puede desarrollar, aplicando el método de Taguchi para la determinación de los componentes más influyentes durante los procesos de soldadura de aluminios aleados, utilizando FSW.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Internacional**

Rodríguez, Caballis, Cally, & Silgado (2018), en su artículo dado en Colombia. Cuyo objetivo fue evaluar la conducta al desgaste de unes adheridas conseguidas a través de la forma de comparar con los tipos y efectos que se puedan entregar, adecuándoles los procesos

correspondientes en cada paso. Se realizaron pruebas y se aplicaron todo lo concerniente a verificación con los lineamientos de estadística y la parte descriptiva puesta en adecuadamente con el ASTM B117 y el G5, además cabe resaltar que se estudió de una manera a fondo sobre los comportamientos específicamente cada proceso según el arco visto. Se llegó a concluir que la corrosión localizada prevalece con mayor intensidad en las juntas soldadas por GMAW y la mayor pérdida de masa se registró en las juntas soldadas por GMAW con una media de 9.4 mg mientras que las juntas SFA fue de 6.83 mg.

Cedeño (2017) menciona que, su objetivo fue mostrar un diseño metodológico de soldadura a partir del proceso FSW con material SEDEMI S.C.C. Se empleó una investigación descriptiva con diseño experimental, donde los parámetros y variables del proceso fueron transformados hasta conseguir una soldadura correcta. Los resultados logrados evidencian sobre los espesores específicamente el de seis y se ha conseguido comparar diversas formas de soldar mediante todas las alternativas dadas y esperadas, además que la inspección volumétrica de la soldadura mediante la técnica de haz angular convencional, señalan que no posee discontinuidades relevantes que ameriten evaluación. Se llegó a la conclusión que el proceso FSW para el material y espesor elegido (ASTM A572 Gr. 50, 6 mm) conserva propiedades mecánicas adecuadas para dureza y resistencia.

Unfried, Torres, Carrasco, & Rodríguez (2017) comenta que, en su trabajo se estudió la parte microestructural dándole paso al AA1100 comercialmente de amalgama

de alumbre logradas por soldadura por fricción/agitación. Se probaron tres tipos diferentes de hombros de geometría de herramienta, uno plano y dos características (círculos concéntricos y espirales). El espacio de superficie de los equipos probados fue de 27% y 11% más baja en hombros planos que en hombros de características, respectivamente. Con la finalidad de comparar en las mismas situaciones experimentales, se desarrollaron diferentes conjuntos de pruebas. Se usó una constante de valor de paso (R) revolucionaria de 0.1 mm.rev-1 para evaluar la evolución de la microestructura, los ciclos térmicos, la prueba de tensión y la distribución de dureza en uniones soldadas. Se concluye que las características de las herramientas de hombro han inducido ciclos térmicos en las regiones fuera de la zona de agitación menos severas que los hombros planos. Las diferencias en las reparticiones de la plasticidad y el trabajo de fricción se generaron debido a la geometría del hombro. Se observó que las uniones soldadas obtenidas con los hombros de características generaron una región de agitación más amplia con una cantidad ardua en la parte de la agitación dándole una ardua contrastación con la parte de los hombros planos.

Cam & Mistikoglu (2014), en su investigación Desarrollos recientes en soldadura por fricción de aleaciones aleadas. Está encaminado en la diversidad y el deseo interminable de un mejor modelo de vida con un desarrollo continuo de la tecnología de fabricación existentes. La demanda de productos más complejos aumenta, lo que también estimula nuevos enfoques en la producción rutas de tales productos, por ejemplo, nuevos procedimientos de soldadura, la soldadura por

fricción por agitación (FSW), desarrollada para unir aleaciones de aluminio difíciles de soldar, ha sido implementada por la industria en la fabricación de varios productos. La aplicación de este novedoso método de soldadura aumentará en los días próximos particularmente en la construcción de barcos, aviones y espacio. Del mismo modo, la aplicación industrial de híbrido de fricción agitadora láser (soldadura por fricción asistida por láser) es altamente posible en un futuro próximo. La soldadura por puntos de fricción de las placas de aleaciones condujo al diseño y fabricación de vehículos con materiales más ligeros.

Zapata, Valderrama, Hoyos, & López (2013) alega que, se evaluaron las soluciones de tipo mecánica a través de las pruebas, donde se visualizaron y se pudieron observar todo lo que se encontraba en mal estado, detalle por detalle. Lo obtenido deja en claro que sus características hablando de los aportes netamente mecánicos se ven muy afectados por parte de las firmes y estados de forma procedimental con las diversas formas de las máquinas y ella influye en las máquinas especializadas de forma que las fricciones sean controladas bajo los estándares obtenidos y los modos de entrar en lo convencional, saliendo de dicho confort.

### **1.2.2. Nacional**

Vega & Quiroz (2015) describe que, tuvo como objetivo evaluar los parámetros de avance y rotación para los procesos de soldadura a través de los procesos FSW. Se utilizó una investigación descriptiva con diseño experimental. Los resultados obtenidos de las pruebas



en parte de los puestos obtenidos de las soldaduras y aplicando el FSW, así como los tipos de potencias que ayudarán a mantener una adecuación posiblemente indicadas en fechas. Ahora, con respecto a las velocidades, se distinguen diversos puntos de rotación y los valores que se muestran debe llegar a la conclusión de que cada medida va en aumento según sea acreditado por las uniones y los topes de la herramienta de aluminio. Puesto ello está en parte firmes de los valores desde el más alto hasta el bajo donde se incumbe la gran firmeza del metal que será la base adecuadamente.

### **1.3. Teorías relacionadas con el tema**

#### **1.3.1. Aluminio en la industria**

Alsimet (2017) interpreta que, según los elementos dados naturalmente y si los colocamos en un rango de mayor a menor se obtiene que el aluminio está en el tercer puesto, y atrás de este lo sigue el oxígeno, así como el silicio. Este es utilizado en la ingeniería netamente de material.

Sin embargo, cabe resaltar que, si se quiere ver las ventajas, pues se obtiene que la parte eléctrica es accesible en mecanizar, el aluminio es de costo accesible, y este resulta muy bueno en combinación con otros productos. Ello le dio cabida para ser de mucho uso desde el siglo XX, claro está que en primer lugar se coloca al acero.

#### **1.3.2. Aleaciones de aluminio**

Verlag (2016) señala que, visto desde la parte mecánica solo se pueden verificar los resultados que sean de punto maleable, por ello se dice que el aluminio va a ser

la mejor opción, ya que las más frecuentes siempre han sido el silicio, así como el cobre, entre otros. Y ellas se pueden decir que son de buena calidad, para obtener lo esperado y esto se puede verificar en la dureza, y si se quiere hablar sobre las características ellos se ven en sus componentes como en el cableado eléctrico, pero ello no está en su estructura principal.

Si se habla de aleaciones, se ha demostrado que ayuda al uso del aluminio en sí, permitiendo que se le de fuerza, cambios, movimientos y sea de uno exclusivo para el soldar.

Se resaltan sus elementos y ellas a su vez se dejan ver como las ventajas que este ofrece.

- Cromo (Cr) este elemento es combinable con otros elementos.
- Cobre (Cu) ayuda a aumentar la fuerza mecánica.
- Hierro (Fe). Acrecienta la firmeza del funcionamiento.
- Magnesio (Mg) ayudará a resistir con el frío de las propiedades que se usarán.
- Manganeso (Mn) se siente erradicar la parte de la embutición, así como el aumento de los usados.
- Silicio (Si) es combinable y otorga resistencia y firmeza ayudando a la calidad.
- Titanio (Ti) Aumenta la fuerza.
- Zinc (Zn) resiste la corrosión.
- Escandio (Sc) es lo más idóneo utilizable para soldar.

**TABLA 1. Clases de aluminio**

| <b>Serie</b> | <b>Designación</b> | <b>Aleante principal</b>     | <b>Principales compuestos en la aleación</b> |
|--------------|--------------------|------------------------------|--|
| Serie 1000   | 1xxx               | 99% de aluminio              | -----  |
| Serie 2000   | 2xxx               | Cobre (Cu)                   | $Al_2Cu - Al_2CuMg$                          |
| Serie 3000   | 3xxx               | Manganeso (Mn)               | $Al_6Mn$                                     |
| Serie 4000   | 4xxx               | Silicio (Si)                 | -----  |
| Serie 5000   | 5xxx               | Magnesio (Mg)                | $Al_3Mg_2$                                   |
| Serie 6000   | 6xxx               | Magnesio (Mg) y Silicio (Si) | $Mg_2Si$                                     |
| Serie 7000   | 7xxx               | Zinc (Zn)                    | $MgZn_2$                                     |
| Serie 8000   | 8xxx               | Otros elementos              | -----  |

Fuente: elaboración propia.

### **1.3.3. Aplicaciones industriales del aluminio**

Ricárdez (2010) indica que, gracias al uso de esto se ven los mejores resultados desde todos los ángulos.

Este es usado de la siguiente manera:

➤ **Aluminio en la construcción**

Con este tipo de elemento se pueden trabajar diversas construcciones en ellos se pueden mencionar a las puertas, persianas, solares, y muchos más, ello quiere decir que es

completamente maleable, así como eficaz y de muy buena calidad, lo que hoy en día se busca.

➤ Aluminio en los transportes

En este aspecto también es usado para realizar diversas construcciones, así como bombas, cubos, carrocerías y todo lo que ello deriva, así es que este sector es el que más uso le da.

➤ Aluminio en las construcciones mecánicas

Es utilizado para fabricar máquinas y de ellas derivan sus diversas instalaciones. Entre ellas pueden ser para trabajar madera, para oficina, de textilería, entre muchas otras más.

➤ Aluminio en electrónica

Se le conoce por ser el más usado, ello también es importante mencionar que el cobre también va de la mano con este tipo de material, y todo en beneficio de la parte eléctrica, esto está unido por cables y estos están compuestos del mencionado elemento, siendo esta una utilidad más que se le da.

➤ Aluminio en el sector doméstico

Lo podemos encontrar en casa en la ducha, en diversos materiales, escritorios, pasamanos, cocina, entre otros. Con esto se puede afirmar que es de suma utilidad e indispensable.

#### **1.3.4. Procesos de soldadura**

Industrial (2015) manifiesta que, si bien la soldadura es un proceso donde es la unión de diversos metales. Y ello se dice que se unen y forman un cuerpo especial, hecho

para obtener diferentes cosas que pueden ser utilizadas desde el hogar hasta en industrias grandes, sin embargo, es resaltable que el uso que se les da a todo lo creado es indispensable hoy en día.

En las industrias los metales de relleno son complementados con la soldadura, este es un proceso muy bueno donde se materializa la solidez y la fuerza.

En esta complementación se deben utilizar y realizar los siguientes pasos: luz, procesos de fricción, láser, entre muchas cosas más que derivan de ellos.

Estos procesos son muy específicos y más con estos materiales, deben ser usados y transformados en un ambiente abierto, donde se adoptan ciertas medidas para evitar los accidentes que pueden dañar.

### **1.3.5. Clasificación de los procesos de soldadura**

Calderería (2016), indica que según la AWS (American Welding Society o sociedad americana de soldadura) podemos diferenciarlos en tres grupos grandes en cada uno de ellos se complementan varios materiales, se visualizan los siguientes:

- Soldeo por fusión.
- Soldeo en estado sólido.
- Soldeo fuerte y blando.

#### **Procesos de soldeo por fusión**

Son los cuales pueden producir la combinación de los materiales para obtener un material, el cuál será transformado y este aportante se moldeará para lo requerido. En esto se encontrará la liquidez precisa para incrementar los metales y crear lo exigido por el cliente. Manteniendo la calidad en gran escala.

#### **Procesos de soldeo en estado sólido**

En esta parte del proceso se combina el metal creado con anterioridad ya mencionado, y se le agregan los elementos restantes para darle forma a lo que se quiere obtener finalmente, aclarando que la base líquida es sólo en la primera fase, es decir que en esta fase no se obtendrá.

### Procesos de soldeo fuerte y blando

En esta tercera parte se muestra la fortaleza de todos los elementos completos, empleados y dejando en visto que la parte líquida tampoco se encuentra en este espacio ya que es parte exclusiva de aportación.

Se diferencia la fuerza y lo blanco, así como su temperatura que debe estar sobre los 450°, y debe ser fundida, para obtener lo mejor, de inmensa calidad y sobre todo ello está clasificado siendo esto fundido.

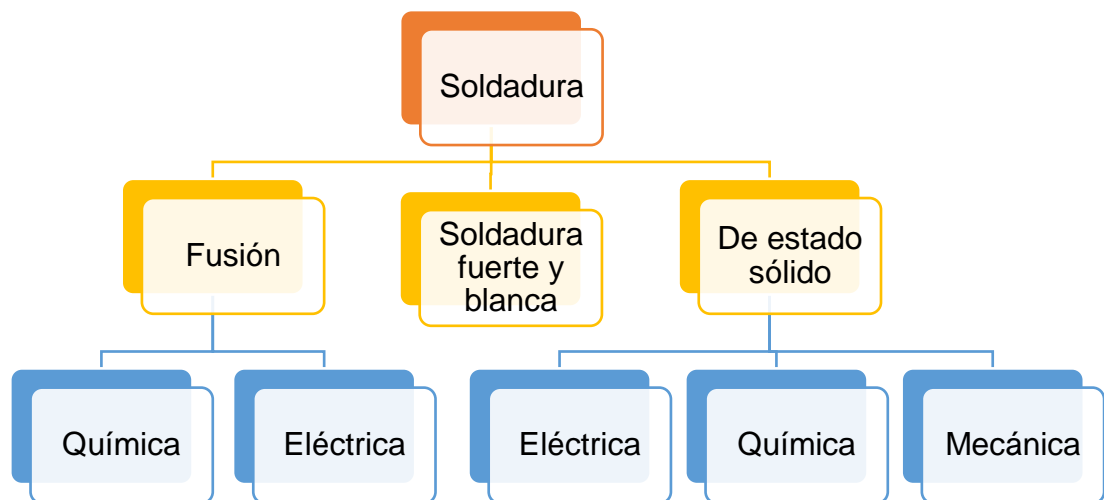


Figura 1. Clasificación de los procesos de soldadura (aws).

Fuente: elaboración propia.

#### 1.3.6. Proceso de soldadura gmaw

Sunarc (2014) señala que, este proceso de arco va a establecer un electrodo, dándole paso a la atmósfera y protegiendo circundante y este es activado también por gases en específico.

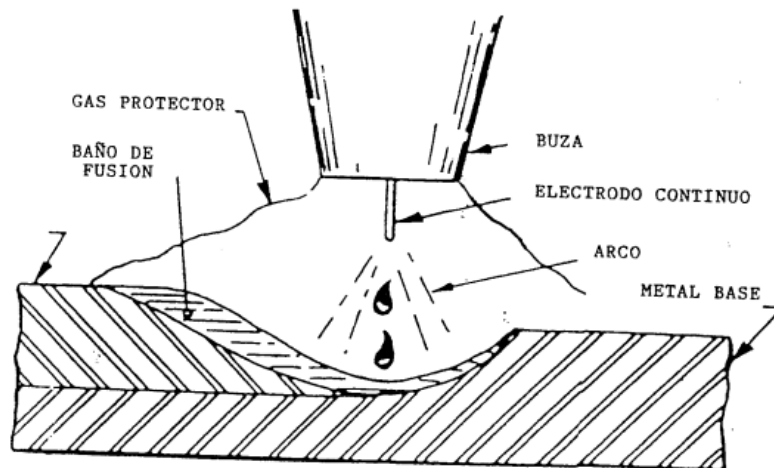


Figura 2. Elementos que interviene en el proceso.

Fuente: proceso MIG.

El procedimiento se puede dar de la siguiente manera:

- Semiautomático: la parte intensa del cuidado de la soldadura es regulable, alimentada por el hilo, estos procesos son realizados a mano, según es lo indicado para verificar la velocidad.
- Automático: lo automático es estos procesos son lo establecidos por ciertos parámetros, y es regulable de forma automática.
- Robotizado: en este apartado se programan las acciones y estas son dadas por un robot encargado de ello, especificando su unidad, la localización entre otros puntos específicos.

Si es necesario soldar aceros, se realiza con este método, cabe resaltar que, lo principal aquí es el uso del carbono, es decir se aplicará a metales no férricos y esto debe ser dado en aquel tratamiento de recarga.

Aquí se dice que la calidad adecuada para todas las construcciones metálicas se obtiene con los procedimientos mencionados, una estructura metálica en general es puesta en aumento día a día.

### **1.3.7. Parámetros en el proceso**

La actuación del arco, uso y forma de penetración de parte del cordón, se encuentran condicionados justamente por los parámetros que se fijan y a continuación se mencionaran simultáneamente:

- Polaridad: aquí se diferencian las partes positivas y negativas de la pieza en consecuencia la soldadura es positiva, cabe resaltar que, los electrones se distinguen por ser positivo, así como negativo. Así mismo el que calienta con más intensidad es el positivo. Así mismo por la diferenciación se puede conectar muy adecuadamente la polaridad, y esto permite que trabaje adecuadamente las zonas específicas.
- Tensión de arco: se transfiera el metal a la pieza, consiguiendo lo mejor de ello en la parte térmica, visualizándose la transferencia hecha.
- Velocidad de alimentación de hilo: aquí no es necesario regular la soldadura, verificando la alimentación del hilo, con la intensidad y los fenómenos siempre y cuando se vea la autorregulación de dicho elemento.
- Naturaleza del gas: gracias a este paso se proyecta a mejorar las influencias, y se logra transferir el metal, así como el cordón y todas las proyecciones que este se fija, y de las que esta emana.



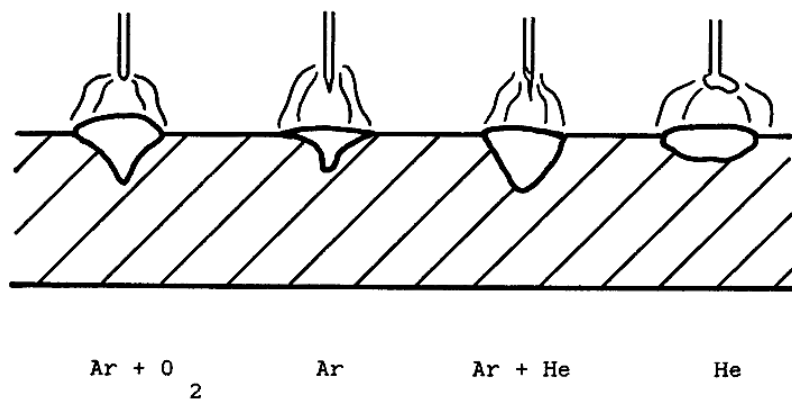


Figura 3. Cordones en función del tipo de gas.

Fuente: proceso MAG.

### 1.3.8. Alambres de soldadura

Hablar sobre la soldadura MIG/MAG, es mencionar sobre la existencia de cierto hilo tubular el cual debe mantener ciertas medidas que garantizarán su buen uso, sin embargo, cabe resaltar que pueden existir y hasta empresas grandes pueden desear adquirir e utilizar de diferentes tamaños, es decir más grandes del diámetro que se usan habitualmente; pero ello se pueden ver en empresas grandes donde ellos mismo mandan a fabricar a la medida que creen conveniente. Ello puede ser dado con un diámetro de 2.4 mm.

Cuando se es usada una soldadura con la penetración de un material súper elevado, se puede decir que su base debe ser alta ya que la potencia será elevada a grandes rasgos. Lo mencionado se puede decir que está entrelazado en sí, ya que chocan directamente una contra otra.

Si se va a utilizar un hilo relativamente más grande de lo propuesto se estará obligando a que su espesor deba ser equitativo con ello, resaltando que se debe exigir más elevación en potencia, causando efectos muchos más grandes y por ello se pondrá en riesgo la pieza que se soldará,

eso sin contar en cuenta que el material pueda ser dañado y ya no se pueda reutilizar, haciéndose o causándose una perforación no esperada.

Si se usa un hilo adecuado y como he mencionado es de un diámetro relativamente pequeño, sus resultados serán los esperados, manteniendo una penetración limitada y perfecta, es decir ligeramente profunda, y ello dará resultados a una resistencia baja.

El mencionado suele estar envuelto en cobre y protegido por este, manteniendo un contacto adecuado, además de enrollar las capas en bobinas, ello disminuye mucho los índices de oxidación; por ello es adecuado decir que está protegido con este tipo de material por cual daño en el presente o en su futuro uso.

Cuando se hace referencia al material base también se visualiza y se busca que el hilo se encuentre macizo a su medida, pero ello no significa que este deba tenerse mucho en cuenta con el gas protector, por diversos motivos; por tanto, se debe mantener esa distinción de donde se busca la igualdad entre el hilo y el mencionado gas.

Así mismo, es importante indicar que todo lo soldado con CO<sub>2</sub> traerá una serie de negatividades y por ello se verifican los poros abiertos, por tanto, si se quiere evitar eso se deben de mantener puestos ciertos elementos que no dejen que este material sea oxidado, entre ellos podemos encontrar al silicio, que reacciona adecuadamente, así como al manganeso, componentes que reaccionan de una manera favorable.

Estos se fusionan y logran eliminar de manera eficaz lo que no es recomendable y lo que a la larga no dejaría que estos materiales trabajen.

El componente flux es requerido para el principal elemento, ya que trabajan excelente juntos y son complementos. Estos mantienen la conexión verídica, donde se deja entrever su veraz rendimiento del hilo.

### **1.3.9. Gases de protección**

El MIG (Metal Inert Gas), es llamado por su estabilidad, sirve como protección, es parte del proceso, por así llamarlo, ya que su protección es inerte.

Por otro lado, la MAG, es visto como inerte, ya que este contaminará al gas, pero se destaca su intervención termodinámica. Este absorbe el calor de una manera que favorece en ciertos lugares donde la altura sigue ciertos efectos; absorbiendo la temperatura, el gas, el calor, e inmediatamente su base es compuesta devolviendo las energías.

#### ➤ Soldadura MIG

Se sabe que existen gases los cuales son empleados para ciertos usos, pero para resaltar se tiene que EE. UU usa el Helio porque cree en sus mejores beneficios que el resto de elementos, y en Europa el argón puesto que para la zona se hace muy efectivo.

Para el argón, su uso se facilita de inmediato ya que los tipos de arcos se tensionarán rápidamente y con respecto al otro mencionado no ayudará dejando sensible.

Este es utilizado con el aluminio usualmente, pero es aplicable sólo al acero, ya que se obtienen diversos rebotes como contornos irregulares, que no son recomendables.

Ahora para soldar con gas helio se producen cordones con una penetración ya antes explicada y esta es con la ayuda del mencionado argón el cual nos muestra la anchura del cordón.

Las mezclas varían con el porcentaje del oxígeno, y estas pueden estar aparentadas con el famoso mojado, sintiendo una penetración de cordón actuando con una tensión superficial de la gota, manteniendo un ensanche y una figura explicable y tensionada.

➤ Soldadura MAG

Aquí muestra el gas activo, ya se es considerado como el protector, y es el que más interviene y se puede detallar como los más usados y como los más existentes.

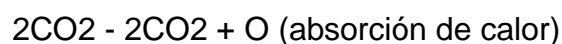
Vistos de tal forma:

- CO<sub>2</sub>

Es más pesado que el aire, es industrializable, compuesto por el carbono, así mismo es oxígeno y todo lo mencionado, no tiene color ni olor, pero sí un sabor que se podría explicar cómo picante.

Pero además de eso se puede oxidar y mantiene una temperatura un poco elevada, y ese es disociada, explicándose de la siguiente manera:

- EN EL ARCO:



Y, en la recomposición:

- EN LA BASE:



La disociación mantiene un oxígeno muy activo, combinándose para dar un nuevo CO, por ello es necesario un hilo que contenga anti oxidación muy bien puesto, adecuado y con una cantidad buena de silicio, así como de manganeso y otros elementos que se complementan entre sí para obtener lo esperado.

Si la corriente es densa se puede elevar, provocando una disociación más activa y eficaz que la anterior.

Ello quiere decir que todos los elementos que ayudan a desoxidar son específicamente necesarios para continuar con el aprovechamiento de aceros al Cr-Mo por el riesgo de oxidación.

Los aceros inoxidable para este tipo de procesos no son recomendables ya que no favorecerían y la formación de carburos de cromo se convertiría en la formación de la corrosión en inexplicables pasos.

Con cuantías de DC menores al 99,0% es necesario la esponjosidad. Las adherencias solo vivirán dispensas de orificios si la integridad del DC es prócer al 99,85% y el N y el H son mínimos al 0,05%.

Es un vapor más rebajado que el Ar, siendo posibles sus usos con perforaciones profundas y eficaces en cada potencia que quisiera ser usada, aunque en este caso no es tan necesaria, ya que mejora otro tipo de contornos.

Las mordeduras y las fallas de fusión desaparecen pro su uso puesto que, se obtiene una mejor calidad.

Su principal falla gravita en los arcos comparativamente potentes y que, por tanto, inducen un gran dígito de influencias.

Puede esgrimir específicamente como aire preservador en la adherencia de acero al carbono. Su eminente conductividad cálida en correspondencia con el argón causará en sus misceláneas con éste un aumento en la perspicias.

- Ar + CO<sub>2</sub>:

Se pavimenten esgrimir estas mezcolanzas con cuantías de dióxido de carbono que van del 15 al 25%. Se verifica en los baños y se toca un arco débil que no aguanta ciertos usos, así más sus proyecciones no se buenas.

Hablando de este no es muy económico, pero es adecuado para comparar con otras soldaduras y dan mejora del factor, así como en su unión y en otros factores que mantienen dicho estándar de calidad que son necesarios en ciertos casos.

Para mantener la parte soldada, necesitan ciertos elementos que se han venido mencionando a lo largo.

### 1.3.10. Proceso fsw (soldadura por fricción - agitación)

Zayra (2012) indica que, a partir del año 97 se empezó a usar estos mencionados procesos de soldadura, sin embargo, al ser un nuevo método se ha venido transformando con el pasar del tiempo. Usando distintos elementos como aluminio, pero su proceso cabe resalta que, es sobre un tornillo y este es puesto en una placa sobre superficie y este va girando al uso.

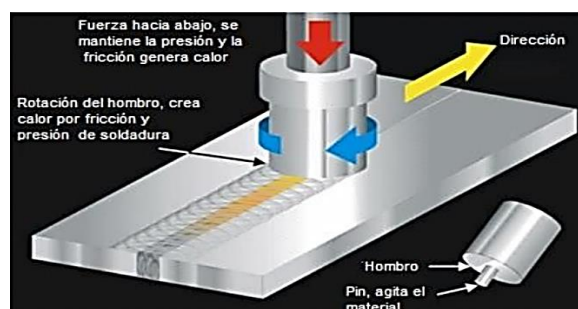


Figura 4. Esquema del proceso fsw.

Fuente: elaboración propia.

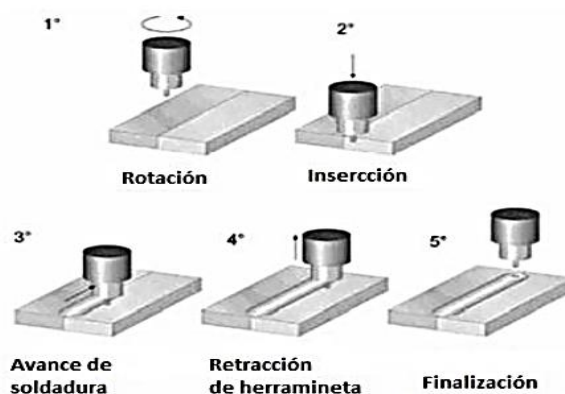
El calentamiento de la pieza, el movimiento del material para producir la unión y detener el metal caliente debajo del hombro de la herramienta, son las funciones más importantes que tienen para funcionar de la mejor manera.

La fricción entre la espalda y las planchas forjan o funden ardor, suaviza el material causando imperfección contextura rígida, pero sin alcanzar al lugar de fundición, la marea de basto plastificado se traslada desde avance hacia la parte posterior del pin.

De dicha forma se empiezan a entrelazar las piezas formando la herramienta deseada para mantener la equidad de las posiciones y las geometrías adecuadas y esperadas, donde el movimiento se mantiene y la velocidad se adecuada y da pase a lo que se necesitará.

Al hablar de la microestructura derivada en la unión es un reflejo de los períodos termo mecánicos que experimenta.

Se debe ver los tipos de procesos los cuales se obtienen de estas microestructuras. Donde se producen las propiedades esperadas hablando y justificando mecánicamente. Finamente esto es esperado.

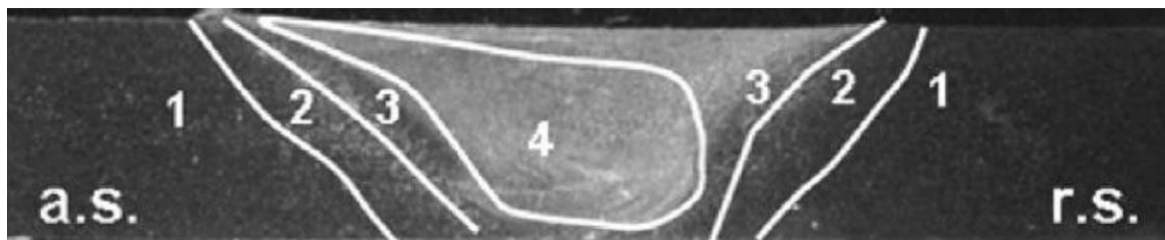


*Figura 5.* Representación del proceso.

Fuente: Pérez (2012).

Esto es dividido de la siguiente manera, pero ello debe ser explícitamente para el uso de estos materiales:

- Metal base o material no modificado: No es deformable, no se ha visto que afecte algún tipo de calor efectuado y mantiene sus componentes específicamente para ciertas propiedades y entre ellas las mecánicas que son las esperadas para estos procesos.
- Zona afectada por el calor: Aquí si se ven afectadas las partes y propiedades donde la deformación es plástica y no se experimentan los centros de soldar.
- Zona afectada termo mecánicamente (TMAZ): No se recristaliza y aquí toda la parte plástica es deformada, ya que sus usos son para otras especificaciones.
- Botón de soldadura: es la zona de agotamiento y aquí cambian las figuras esperadas, ya que es sumamente esperada esta fase para recibir lo que se utilizará con posterioridad.



*Figura 6.* Zonas microestructurales en la sección transversal soldado con el proceso FSW.

Fuente: elaboración propia.

### 1.3.11. Norma asme sección v

En los Proyectos piping (2014) se verifica que, las pruebas aplicadas son exclusivamente que no destruyen, se mantienen ciertos estándares, formas y sobre todo especificaciones que deben ser usadas, los famosos END.



Aquí en este apartado se verificará todo lo esperado y lo que no, se podrá arreglar para poder mantener el objetivo y detectar lo que no es necesario para las piezas netamente superficiales y demás componentes.

En dichos casos son necesarios aplicar ultrasonidos, así como ciertos líquidos que se absorberán de tan manera que arrojarán los exámenes visuales y acústicos. Dichas emisiones se abreviarán.

### **RT Radiografía**

Es el proceso por el cual se hostiga un objeto con un haz de radiación ionizante (rayos X o y).

En la placa lo que se impregna se llama de cierta sustancia que puesta en una imagen se mantiene latente, así como el objetivo por el cual se espera que es incide por el procedimiento fotográfico que este es bidimensional.

Aplicaciones: Descubrimiento de pleamares intrínsecos y interrupciones como hendeduras, deterioro, diferenciaciones de volumen o fijaciones.

### **Ultrasonidos UT**

Los famosos impulsos que son considerados ondas y que son de un material que no es perfeccionista se aplican con el UT, ello es analizando ciertos materiales que son reflejados en ciertas placas.

Estas pueden ser vistas como elásticas porque, al contrario que la luz o las ondas de radio, requieren un mediano a través del cual se verificarán. Siendo parte de las ondas sonoras y considerada como una característica bien vista.

Aplicaciones: Descubrimiento de interrupciones en el área y de los pulsos, así como de los técnicos.

### **Líquidos Penetrantes PT**

Es de un color llamativo, que es necesario para la diferenciación, y sobre todo ello apoya en la búsqueda de lo mejor y esperado. En esta parte se espera verificar el líquido obtenido o por obtener del uso y de lo que se espera.

Para poder continuar con el siguiente paso y conseguir con todo lo ya recalado.

### **Partículas Magnéticas MT**

Se considera que es un método para localizar discontinuidades superficiales y sub. Superficiales en materiales ferromagnéticos. Limitaciones que deben tenerse en cuenta, ello es afectado de mil maneras sobre todo por lo expuesto.

Esto es pasable por dicha pieza, y magnetizada la misma; fijando lo que es espolvoreada y dejada en la superficie vamos a tratar de concentrar y ver si se efectúa alguna grieta.

Aplicaciones: Localización de interrupciones en materias primas ferro-magnéticas, sin está dentro, fuera o al menos cerca o a la vista de todo.

### **Examen Visual VT**

Es vista desde una primera fase, es decir es una previa para poder continuar con los detalles y demás. Puesto que ayuda a facilitar todo y por tanto, es el más fácil y rápido de usar, así como económico.

#### **1.4. Formulación al problema**

¿Cómo influyen los procesos de soldadura fsw y gmaw en las imperfecciones internas y de superficie en juntas soldadas de aluminio AA1100?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **En lo teórico**

Es un aporte al estudio de las imperfecciones mediante el proceso de soldadura revolucionario fsw y un método convencional semiautomático como el gmaw aplicados en aluminio

### **En lo económico**

La soldadura por fricción es un método donde no se utiliza material de aporte ni se necesita llevar a los materiales a unir a una temperatura de fundición en relación con las soldaduras por fusión, lo que se refleja en una reducción de costos.

### **En lo Ambiental**

Promover los estudios de soldadura por fricción es contribuir a que disminuya la contaminación del medioambiente. La soldadura por fricción elimina los gases tóxicos que se desprenden de los revestimientos de electrodos. Usados en el proceso gmaw.

## **1.6. Hipótesis**

- Las juntas soldadas por el proceso fsw proporcionara mejores propiedades de aleación respecto a al proceso de soldadura gmaw.
- Los ensayos no destructivos basados en la norma asme sesión 5 presentaran cambios microestructurales de la zona afectada por el calor en ambos procesos.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Analizar y comparar las imperfecciones internas y de superficie en juntas soldadas en planchas de aluminio AA1100, utilizando los procesos de soldadura fsw y gmaw.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Describir los procesos de soldadura FSW y GMAW.
- Determinar los parámetros pertinentes de los procesos de soldadura a aplicar.
- Elaborar probetas para END.
- Analizar las imperfecciones en la soldadura aplicando la norma ASME SESION 5.
- Comparar resultados de los END aplicados a las probetas.

## II. MÉTODOS

### 2.1. Tipo y Diseño de investigación

#### **Experimental**

Se realizarán 06 probetas donde se aplicarán 2 procesos de soldaduras totalmente diferentes (fsw – gmaw), pasarán por un proceso de ensayos no destructivos basados en la norma asme sección 05.

#### **Descriptivo – comparativo**

Se recogerá información de los ensayos realizados enfocado al objetivo de la investigación para luego realizar una base de comparaciones.

#### **Cuantitativa**

Los resultados de los ensayos tendrán una interpretación estadística con respecto a la variación de parámetros a soldar.

### 2.2. Operacionalización de variables

**Variable Independiente:** Procesos de soldadura.

**Variable dependiente:** Imperfecciones internas y de superficie.

**TABLA 2.** Operacionalización de las variables

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | INDICADORES                        | ESCALA DE MEDICIÓN | INSTRUMENTOS         |
|------------------------|--|--|------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Procesos de soldadura  | La soldadura es un proceso de fabricación en el cual se unen dos materiales distintos. | Se refiere a los procesos de soldadura fsw – gmaw aplicados en esta investigación  | Velocidad de avance                | mm/s               | Ficha de observación |
|                        |  | Fsw. Proceso por fricción y agitación utilizando una fresadora acoplada a una herramienta se puede generar una rotación con una velocidad de avance, necesario para que el material a soldar llegue a un punto de fusión | Velocidad de giro                  | rpm                |                      |
|                        |  | Gmaw. Procedimiento donde se instituye el arco eléctrico entre el electrodo consumible protegido y la pieza a soldar. La protección del proceso recae sobre un gas, que puede ser  | Velocidad de alimentación del hilo | mm/s               |                      |
|                        |  |  | Velocidad de desplazamiento/soldeo | mm/s               |                      |

| <b>VARIABLE<br/>DEPENDIENTE</b>               | <b>DEFINICIÓN<br/>CONCEPTUAL</b>   | <b>DEFINICIÓN<br/>OPERACIONAL</b>   | <b>INDICADORES</b>      | <b>ESCALA<br/>DE<br/>MEDICIÓN</b> | <b>INSTRUMENTOS</b>  |
|---|--|---|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Imperfecciones<br>internas y de<br>superficie | Las<br>imperfecciones<br>son anomalías o<br>irregularidades<br>que se<br>presentan en la<br>unión soldada.<br><br>Se consideran<br>como defecto<br>cuando por su<br>magnitud o<br>localización<br>puedan<br>provocar el fallo<br>de la unión | <p>inerte, o sea que no participa en la reacción de la soldadura</p> <p>Las imperfecciones en los procesos de soldadura de este proyecto se aplicarán basadas en la norma asme sesión 05 realizando ensayos no destructivos a las probetas para identificar irregularidades que pueden significar un riesgo en las juntas</p> <p>La mala preparación de las piezas a soldar en conjunto con la mala ejecución del proceso de soldadura son las principales causas que originan estas imperfecciones</p> | RT (radiografía)        | razón                             | Ficha de observación |
|   |  |   | VT (examen visual)      |                                   |                      |
|   |  |   | PT (liquido penetrante) |                                   |                      |

Fuente: elaboración propia.

## 2.3. Población, muestra y muestreo

### 2.3.1 Población

La población está conformada por una plancha de aluminio aa1100 de las siguientes dimensiones 1000 mm x 1000mm x 6mm.

### 2.3.2 Muestra

La muestra está conformada por:

- 10 placas de aluminio aa1100 de las siguientes dimensiones 100mm x 150mm x 6mm aplicando proceso fsw.
- 10 placas de aluminio aa1100 de las siguientes dimensiones 100mm x 150mm x 6mm aplicando proceso gmaw.

### 2.3.3 Muestreo

El muestreo será de tipo probabilístico – aleatorio estratificado.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

**TABLA 3.** *Técnicas e instrumentos*

| <b>TÉCNICA</b>           | <b>APLICACIÓN</b>              | <b>INSTRUMENTO</b>   |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Observación estructurada | Procesos de soldadura fsw-gmaw | Ficha de observación |

Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Métodos de análisis de datos

En esta investigación se aplicarán dos procesos de soldadura totalmente distintas fsw-gmaw, las probetas arrojarán múltiples resultados ya que se aplicará distintas velocidades de avance para



cada proceso, resultados que obtendremos mediante pruebas superficiales e internas. Para lograrlo se necesita utilizar un método de análisis de regresión que consistirá en investigar la calidad de soldadura en cada junta de los 2 procesos de soldadura con respecto a las distintas velocidades de avance.

## **2.6. Aspectos éticos**

El desarrollo científico debe ser intrínsecamente ético, acerca de que las hipótesis y procedimientos formulados por los investigadores estudiados, conducen hacia la confirmación de un resultado. Dado que todo trabajo de investigación busca y conlleva una mejora de la calidad de conocimientos, debe estar asociado a valores tales como la justicia, la bondad y la idoneidad. El presente estudio no es inmune a dicha influencia, el investigador espera que sean respetados también sus derechos de autoría.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Descripción de proceso fsw

Para realizar este proceso tenemos que contar con un equipo con la habilidad de realizar distintas operaciones tales como:

- Avance a lo largo de la pieza a soldar
- Ajuste del pin de la herramienta
- Rotación del pin sobre su eje
- Generar ángulo
- Amplios rangos de velocidades de giro y traslación
- Rigidez estructural

Este proceso se desarrollará a partir de la adaptación de una fresadora vertical universal con las siguientes características:

**TABLA 4.** *Características de una fresadora*

|                    |           |                |           |
|--------------------|-----------|----------------|-----------|
| <b>TYPE</b>        | ASEC      | <b>PHASE</b>   | 3         |
| <b>OUP<br/>PUT</b> | 2HP       | <b>KW</b>      | 1.5       |
| <b>VOLT</b>        | 220       | <b>POLE</b>    | 2/4       |
| <b>HZ</b>          | 60        | <b>R.P.M</b>   | 3460/1730 |
| <b>AMPER</b>       | 5.2 / 3.2 | <b>HEAT</b>    | 65°       |
| <b>RATING</b>      | CONT      | <b>CLASS</b>   | E         |
| <b>DATE</b>        | 198       | <b>SER.NO.</b> | 1100303   |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 5.** *Características de una fresadora-Spindle Speeds*

| <b>SPINDLE SPEEDS</b> |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|
| <b>LOW RANGE</b>      | 80   | 135  | 210  | 325  |
|                       | 660  | 1110 | 1750 | 2720 |
| <b>HIGH RANGE</b>     | 160  | 270  | 420  | 650  |
|                       | 1320 | 2220 | 3500 | 5440 |
| SERIAL NO. 501872     |      |      |      |      |
| DATE 1985 - 12        |      |      |      |      |

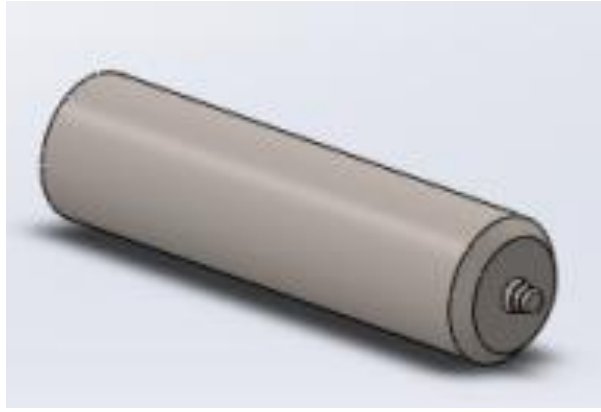
Fuente: elaboración propia.

El material y diseño para la elaboración de la herramienta fue seleccionado a partir de una investigación de las propiedades, características de trabajo y de investigaciones realizadas.

**TABLA 6.** *Característica del trabajo*

| <b>CARACTERÍSTICAS</b> | <b>CONDICIÓN</b> |
|------------------------|------------------|
| Material               | H13              |
| Geometría del hombro   | Cóncavo          |
| Diámetro del hombro    | 20mm             |
| Geometría del pin      | cónico           |
| Diámetro del pin       | 3-6mm            |
| Longitud del pin       | 6mm              |
| Paso de rosca          | 2mm              |
| Temple                 | 1020°c           |

Fuente: elaboración propia.



*Figura 7. Herramienta pin.*

Fuente: Pérez (2012).

Es considerable que se pueda establecer ciertos procesos ya que la longitud de ello, se puede verificar tanto al espesor como lo que contiene dicha placa que será utilizada y esperada.

Ello es esperado para mantener el contacto como el pin y a través de este se puedan verificar los errores de respaldo.

### **3.2. Descripción de proceso gmaw**

El proceso gmaw-mig se realizó con una máquina de soldar POWER MIG® 180C cuyas especificaciones técnicas si cumplían con lo requerido para el proceso.



*Figura 8. Máquina de Soldar Power Mig 180C.*

Fuente: Reyes (2014).

El alambre 4043 se usa para ver las aleaciones y ver si cumple con los requisitos establecidos y si su procedimiento de soldadura es el sumamente adecuado, teniendo en cuenta siempre el valor del gas inerte con el MIG.

Manteniendo la calidad de cada depósito y de cada resistencia, así como el grosor del cordón y de la calidad esperada como el brillo, entre otras características que se podrán apreciar.

Este tipo de proceso nos deja visualizar todo aquel proceso que se deja explicar por ello se verificará uno por uno.



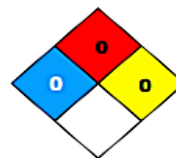
Figura 9. Alambre 4043.

Fuente: Reyes (2014).

El argón da la protección al arco suministrado en forma externa, el cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica, ayudando a estabilizar el arco.



Señal Según NCh 1411/4:



Clasificación Específica:

No aplicable.

Distintivo Específico:

No aplicable.

Descripción de Peligros:

Gas a alta presión.

Descripción de Peligros Específicos:

Almacenar en lugar bien ventilado.

Otros Peligros:

Gas a alta presión.

Utilice un dispositivo para evitar el reflujo en las tuberías.

Utilizar solo en un equipo acorde a la presión del contenedor.

Cerrar la válvula después de cada uso y cuando este vacío.

Lea y siga las instrucciones de la hoja de datos de seguridad antes de su uso.

Puede causar asfixia rápida.

Figura 10. Argón de protección al arco.

Fuente: Pérez (2012).

### 3.3. Parámetros pertinentes de los procesos de soldadura

#### - Proceso fsw

**TABLA 7.** *Proceso fsw*

| PARÁMETRO              | EFEECTO                           | APLICAR   |
|------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Velocidad de rotación  | Calor por fricción –<br>agitación | 1750 rpm  |
| Velocidad de recorrido | Control del calor                 | 1mm/seg   |
|                        |                                   | 1.5mm/seg |
|                        |                                   | 2.3mm/seg |
|                        |                                   | 3mm/seg   |
|                        |                                   | 4mm/seg   |
| Ángulo de inclinación  | Apariencia del<br>condón          | 2°        |
| Espesor del material   | Pin de la herramienta             | 6mm       |

Fuente: elaboración propia.

#### - Proceso gmaw – mig

**TABLA 8.** *Proceso gmaw – mig*

| PARÁMETRO                                  | EFEECTO  | APLICAR         |
|--|--|-----------------|
| Velocidad de<br>alimentación de<br>alambre | mayor o menor flujo de fundente<br>en la zona a soldar.              | 3               |
| Tensión                                    | controla el perfil de la soldadura.                                  | e               |
| Gas de protección                          | turbulencias y formación de<br>remolinos                             | 30 – 40<br>scfh |
| Velocidad de<br>desplazamiento             | Sobrecalentamiento de la pistola,<br>irregularidades en la soldadura | 1mm/seg         |
|  |  | 1.5mm/seg       |
|  |  | 2.3mm/seg       |
|  |  | 3mm/seg         |

|                          |   |                    |
|--------------------------|---|--------------------|
|                          |   | 4mm/seg            |
| Ángulo de inclinación    | Formación de mordeduras y falta de fusión   | 10° - 20°          |
| Dirección de soldeo      | mal aspecto del cordón  | Soldeo hacia atrás |
| Movimiento de la pistola | Estética al cordón  | pendular           |
| Diámetro del alambre     | depende de su velocidad de alimentación, de la intensidad de corriente, del gas protector y del material a soldar | 1.2mm              |

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Ejecución de probetas para end

Las probetas fueron divididas en 2 grupos

#### - Probetas para el proceso fsw



Figura 11. Probetas para el proceso fsw.

Fuente: Reyes (2014).

#### - Probetas para el proceso gmaw - mig



Figura 12. Probetas para el proceso gmaw – mig.

Fuente: Reyes (2014).

### **3.5. Analizar las imperfecciones en la soldadura aplicando la norma ASME SESIÓN 5**

#### **3.5.1. Proceso fsw**

##### **3.5.1.1. Inspección visual (vt)**

Se tiene que mantener en cuenta que cada uso y cada aplicación deben cumplir los requisitos, los estándares y demás esperados para su aplicación y para su uso.

Por ello se verifican el calor de la junta y lo que especifica el ASW D17.3 verificando ciertas cavidades abiertas y la funcionalidad que se espera puesto que esos objetivos planteados deben ser cumplidos para obtener lo que se necesita.

Con el objetivo de corresponder el reborde con las medidas de elaboración, se precisan tres codificaciones atributivas en requisitos de su dureza, vista así:

- soldadura con rebaba continua
- con rebaba discontinua
- sin rebaba

se aprecia claramente los puntos mencionados, uno por uno, así como lo que se espera y lo que se va a obtener, el largo del cordón, los sectores, entre otros. Encontrándose libre de ellos.



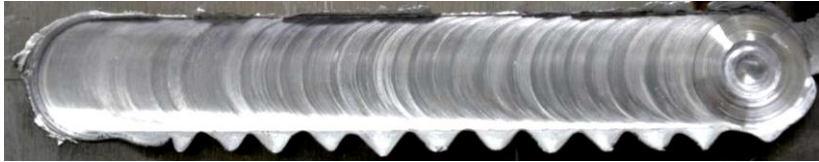


Figura 13. Soldadura con rebaba continua – 1750rpm a 1mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).

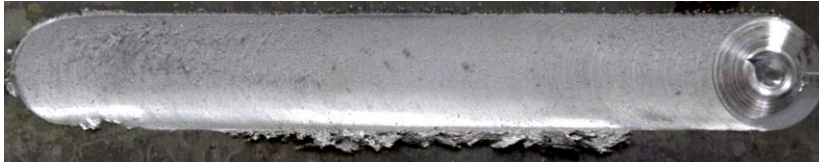


Figura 14. Soldadura con rebaba discontinua – 1750rpm a 2.3mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



Figura 15. Soldadura sin rebaba – 1750rpm a 4mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).

**TABLA 9.** *Tabla de rebaba*

| TABLA DE REBABA             |                            |     |     |   |   |
|-----------------------------|----------------------------|-----|-----|---|---|
| Velocidad de rotación (rpm) | Velocidad de avance mm/seg |     |     |   |   |
|                             | 1                          | 1.5 | 2.3 | 3 | 4 |
| 1750                        |                            |     |     |   |   |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 10.** *Leyenda*

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | Con rebaba continua    |
|  | Con rebaba discontinua |
|  | Sin rebaba             |

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla permite indicar que a mayores velocidades de avance se produce una

soldadura sin rebaba, obteniendo el efecto contrario a menor velocidad de avance.

Los resultados consienten coligar la dureza del reborde de forma directamente proporcional a la energía que entra al sistema, dejando que se transforme en fricción y por tanto la rotación cambie y sea aumentada con el tiempo y demás. Menorando las velocidades de avance, incrementando otras más.

De la inspección visual se puede concluir que, toda cavidad encontrada en la salida del pin, es producida por este y comúnmente se asocian con las herramientas a utilizar y las que se consideren, ya que la discontinuidad existe del túnel al cordón.



*Figura 16.* Cavidad de salida de herramienta.

Fuente: Pérez (2012).

La prestación final de las soldaduras, una nos dejan unas superficies encontradas y removidas fácilmente sobre el aprovechamiento y la aprobación de estos, siendo removidos con facilidad y teniendo en cuenta todo lo resaltado.

Sin observarse grietas, o desconformidad entre elementos durante la aplicación de la soldadura de estos grupos.

### 3.5.1.2. Radiografía (rt)

Se pueden verificar que en 3 grupos se van a poder verificar la discontinuidad de los túneles, mostrando a continuación todo lo que se ha venido explicando paso por paso y punto por punto:

- continuo definido
- continuo difuso
- discontinuo difuso

Esta clasificación tuvo en cuenta que, si el túnel se presenta sólo en algunos segmentos o a lo largo de todo el cordón, así como la nitidez de la indicación, lo cual resulta en una estimación de su severidad.



*Figura 17.* Túnel continuo definido – 1750rpm a 4mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



*Figura 18.* Túnel continuo difuso – 1750rpm a 2.3mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



*Figura 19.* Túnel discontinuo difuso – 1750rpm a 1, 1.5mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).

**TABLA 11.** *Tabla de túnel.*

| <b>TABLA DE TÚNEL</b>              |                                   |            |            |          |          |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|----------|----------|
| <b>Velocidad de rotación (rpm)</b> | <b>Velocidad de avance mm/seg</b> |            |            |          |          |
|                                    | <b>1</b>                          | <b>1.5</b> | <b>2.3</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| <b>1750</b>                        |                                   |            |            |          |          |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 12.** *Leyendas*

|  |                           |
|--|---------------------------|
|  | <b>Descontinuo difuso</b> |
|  | <b>Continuo difuso</b>    |
|  | <b>Continuo definido</b>  |

Fuente: elaboración propia.

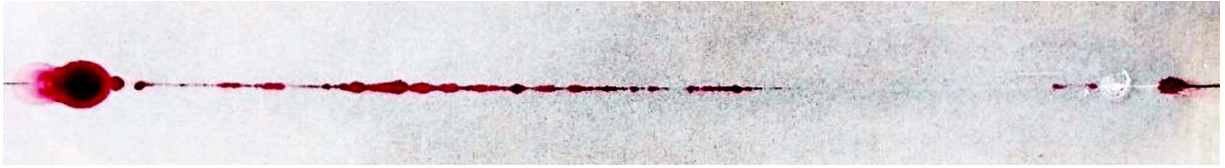
Las combinaciones que son específicas en las velocidades se pueden apreciar con ellas (1750rpm) sintiendo las velocidades perfectas y fabricadas, por donde son soldadas y para la rotación.

Cabe resaltar que, se rechazan estas formas desde ciertos puntos justamente por los túneles, ya que no es justificable los recursos donde se evalúan.

### **3.5.1.3. Líquido penetrante (pt)**

Los resultados de los líquidos penetrantes permiten apreciar que la mayoría de las soldaduras presentan discontinuidades por su reverso; aunque el revelado genera indicaciones en forma de puntos y líneas, en este caso, la clasificación corresponde simplemente a la

presencia o ausencia de cualquiera de ellas, tal como se muestra:



*Figura 20.* Soldadura con indicación de LP – 1750rpm a 4mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



*Figura 21.* Soldadura con indicación de LP – 1750rpm a 2.3mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



*Figura 22.* Soldadura sin indicación de LP – 1750rpm a 1mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).

Las consecuencias obtenidas son por las acumulaciones de cada segmentado, dicho cordón es visto, y se verifica la levedad de la separación sufriendo daños la placa y la base, donde la penetración no es conforme y se traduce desde el punto de aumento para la mejora del material y de todos ellos.

**TABLA 13.** *Tabla de líquido penetrante*

| <b>TABLA DE LÍQUIDO PENETRANTE</b> |                                   |            |            |          |          |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|----------|----------|
| <b>Velocidad de rotación (rpm)</b> | <b>Velocidad de avance mm/seg</b> |            |            |          |          |
|                                    | <b>1</b>                          | <b>1.5</b> | <b>2.3</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| <b>1750</b>                        |                                   |            |            |          |          |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 14.** *Leyenda*

|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | <b>Sin indicación de LP</b> |
|  | <b>Con indicación de LP</b> |

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2. Proceso fsw**

#### **3.5.2.1. Inspección visual (vt)**

Es evaluable todas las tipologías de una soldadura durante la inspección de soldadura, algunas relacionadas con el tamaño de la soldadura, otras con la falta de continuidad de la soldadura.

La falta de continuidad en la soldadura también puede ser importante.

Estas imperfecciones dentro o cercanas a la soldadura, que pueden o no, según su tamaño o ubicación, evitar que la soldadura cumpla con su desempeño de objetivo.

El mantener y evitar todas las consecuencias de ciertas plazas y ciertos componentes es lo que nos explican con respecto a la soldadura aplicada y aplicable ya que por ello se ponen en curación del servicio que pueden ser

extremadamente importante por donde se verifican las pequeñas o nada de fallas, evitando futuras complicaciones, haciendo que se espere lo mejor de este tipo de procesos y de mejoras.



Figura 23. Soldadura mig con excesivo cordón – 1mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



Figura 24. Soldadura mig con adecuado cordón – 2.3mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).



Figura 25. Soldadura mig con insuficiencia de cordón – 4mm/seg.

Fuente: Pérez (2012).

**TABLA 15.** *Tabla de estética de soldadura*

| <b>TABLA DE ESTÉTICA DE SOLDADURA</b> |                                   |            |            |          |          |
|---------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|----------|----------|
| <b>SOLDADURA MIG</b>                  | <b>Velocidad de avance mm/seg</b> |            |            |          |          |
|                                       | <b>1</b>                          | <b>1.5</b> | <b>2.3</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
|                                       |                                   |            |            |          |          |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 16. Vista**

|  |                            |
|--|----------------------------|
|  | <b>Cordón excesivo</b>     |
|  | <b>Cordón adecuado</b>     |
|  | <b>Cordón insuficiente</b> |

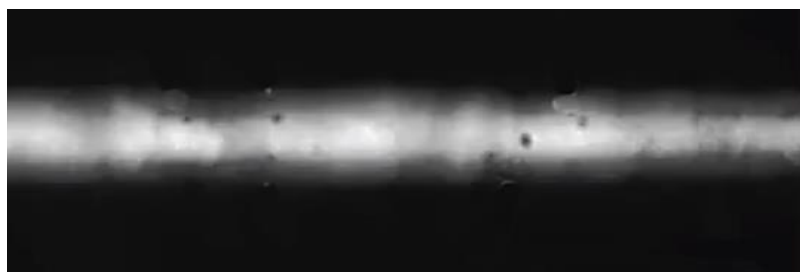
Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2.2. Radiografía (rt)

Los resultados de este ensayo comprueban la existencia de discontinuidades por fisuras o inclusiones en todos los cordones. Éstas presentan características variadas, como se muestra a continuación, que permiten clasificar las inclusiones cualitativamente en dos grupos definidos como:

- continuo con inclusiones
- continuo sin inclusiones

la inclusión es resultante de la nitidez que es esperada de la estimación sobre todo con la severidad del caso que se está incluyendo, donde la clasificación a contenido muchos aspectos resaltantes.



*Figura 26. Soldadura continua con inclusiones – 1mm/seg.*

Fuente: Vega (2015).





Figura 27. Soldadura continua sin inclusiones – 3mm/seg.

Fuente: Vega (2015).

**TABLA 17.** *Tabla de inclusiones en soldadura*

| TABLA DE INCLUSIONES EN SOLDADURA |                            |     |     |   |   |
|-----------------------------------|----------------------------|-----|-----|---|---|
| SOLDADURA MIG                     | Velocidad de avance mm/seg |     |     |   |   |
|                                   | 1                          | 1.5 | 2.3 | 3 | 4 |
|                                   |                            |     |     |   |   |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 18.** *Vista*

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | <b>Con inclusiones</b> |
|  | <b>Sin inclusiones</b> |

Fuente: elaboración propia.

La tendencia indica que para las soldaduras con baja velocidad de avance se obtienen defectos más severos, lo cual puede asociarse con propiedades mecánicas reducidas en las juntas soldadas respecto a aquellas fabricadas con alta velocidad de avance.

### 3.5.2.3. Líquido penetrante (pt)

Aquí los resultados pueden ser encontrados desde la aplicación de la penetración, así como del revelado donde se generó las discontinuidades por el reverso.

Dando paso a la clasificación de la cual se ha venido hablando, mostrándola así:

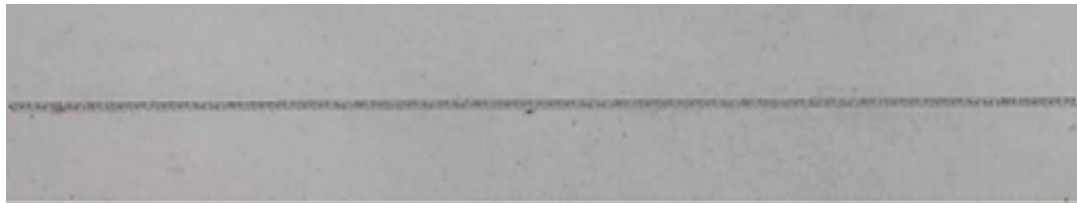


Figura 28. Soldadura sin indicación de LP.

Fuente: Vega (2015).

**TABLA 19.** *Tabla de líquido penetrante*

| <b>TABLA DE LÍQUIDO PENETRANTE</b> |                                   |            |            |          |          |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|----------|----------|
| <b>SOLDADURA MIG</b>               | <b>Velocidad de avance mm/seg</b> |            |            |          |          |
|                                    | <b>1</b>                          | <b>1.5</b> | <b>2.3</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
|                                    |                                   |            |            |          |          |

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 20.** *Leyenda*

|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | <b>Sin indicación de LP</b> |
|  | <b>Con indicación de LP</b> |

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Comparar resultados de los procesos FSW y GNA

**TABLA 21.** *Resultados comparativos de los procesos FSW y GNA*

| <b>Cuadro comparativo</b>    |                      |                             |  |     |                             |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|--|-----|-----------------------------|
| Parámetro de avance (mm/seg) | Proceso de soldadura |                             |  |     |                             |
|                              | fsw                  |                             |  | mig |                             |
| 1                            | vt                   | <b>Con rebaba continua</b>  |  | vt  | <b>Cordón excesivo</b>      |
|                              | rt                   | <b>Descontinuo difuso</b>   |  | rt  | <b>Con inclusiones</b>      |
|                              | lp                   | <b>Sin indicación de LP</b> |  | lp  | <b>Sin indicación de LP</b> |
| 1.5                          | vt                   | <b>Con rebaba continua</b>  |  | vt  | <b>Cordón excesivo</b>      |

|     |    |                               |    |                             |
|-----|----|-------------------------------|----|-----------------------------|
|     | rt | <b>Descontinuo difuso</b>     | rt | <b>Con inclusiones</b>      |
|     | lp | <b>Sin indicación de LP</b>   | lp | <b>Sin indicación de LP</b> |
| 2.3 | vt | <b>Con rebaba discontinua</b> | vt | <b>Cordón adecuado</b>      |
|     | rt | <b>Continuo difuso</b>        | rt | <b>Sin inclusiones</b>      |
|     | lp | <b>Con indicación de LP</b>   | lp | <b>Sin indicación de LP</b> |
| 3   | vt | <b>Con rebaba discontinua</b> | vt | <b>Cordón insuficiente</b>  |
|     | rt | <b>Continuo definido</b>      | rt | <b>Sin inclusiones</b>      |
|     | lp | <b>Con indicación de LP</b>   | lp | <b>Sin indicación de LP</b> |
| 4   | vt | <b>Sin rebaba</b>             | vt | <b>Cordón insuficiente</b>  |
|     | rt | <b>Continuo definido</b>      | rt | <b>Sin inclusiones</b>      |
|     | lp | <b>Con indicación de LP</b>   | lp | <b>Sin indicación de LP</b> |

Fuente: elaboración propia.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Este estudio se realizó para determinar qué proceso de soldadura entre la fsw y mig cumple con las condiciones necesarias para ser aplicadas en la industria, aplicando parámetros y exponiendo las probetas a pruebas no destructivas para analizar y comparar resultados de estética, estructura, deformaciones en los cordones de soldadura.

Los resultados obtenidos de los ensayos arrojan como proceso adecuado para trabajos de soldadura en aluminio aa1100 al proceso mig por estructura del cordón y resultado de lp negativo.

No se han encontrado estudios de análisis comparativos de los procesos fsw y mig aplicando la norma asme sesión 05.

Las limitaciones de este estudio fueron por costos ya que se necesitó fabricar una herramienta de un acero no tan comercial como la obtención de las placas de aluminio aa1100 y materiales en general.

A futuro los estudios de esta tesis pueden ser muy variados ya que solo se tomó como referencia un parámetro (velocidad e avance) se pueden aplicar parámetros como velocidad de rotación, inclinación de herramienta, diseño de herramienta.

## V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo a través del análisis y las comparaciones de dichas imperfecciones y de las soldadas que se les aplicó a las planchas de aluminio, quedaron de una manera adecuada para su uso, se llega a comprobar gracias a los procesos realizados por el FSW Y GMAW.
- Los procesos de soldadura usados son los más adecuados para mantener el material en perfecto estado para su uso.
- En los procesos aplicados de la presente soldadura se visualiza los correctos cambios y con las probetas bien elaboradas.
- Se analizaron las imperfecciones de las placas, para su corrección y aplicación delimitada consiguiendo los mejores resultados para su uso.
- Los resultados de los END fueron los esperados y los correctos para la realización de dicha investigación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda verificar las placas antes de realizar la soldadura, para obtener los mejores resultados y los más esperados.
- Procesar cuidadosamente los resultados obtenidos del END.
- Utilizar el material de protocolo respectivo, en cada paso.

## REFERENCIAS

- ALSIMET. (06 de JUNIO de 2017). *USOS DEL ALUMINIO EN LA INDUSTRIA*.  
Obtenido de <http://www.alsimet.es/noticias/usos-del-aluminio-en-la-industria>
- Arroba, C., Vaca, W., Peña, F., Nuñez, D., & Toapanta, R. (2017). Influencia de los parámetros del proceso de soldadura por fricción-agitación (fsw) en las propiedades mecánicas en la junta de aluminio 6061. *INGENIUS*, 47-52.
- Caldereria, G. (2016). *Clasificación de los Procesos de Soldeo*. Obtenido de <http://www.gnccaldereria.es/clasificacion-procesos-soldeo/>
- Cam, G., & Mistikoglu, S. (2014). *Recent Developments in Friction Stir Welding of Al-alloys*. Obtenido de <https://scihub.tw/https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-014-0968-x#>
- Caro, L. (2017). *lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>
- Cioffi, F. (2016). Estudio y optimización del proceso de soldadura por fricción batida (FSW) de materiales compuestos de matriz metálica (MMC) con elevado contenido de refuerzo. *Dialnet*.
- INDUSTRIAL, S. (14 de JUNIO de 2015). *DEFINICION MX*. Obtenido de <https://definicion.mx/soldadura-industrial/>.
- Lacoste, J., Feloy, L., Vucetich, D., & Cozzarín, A. (2017). *Análisis Comparativo En Cordones De Soldadura Obtenidos Por Friction Stir Welding Y Metodo Tig En Chapas De Aluminio De Alta Resistencia De Uso Aeroespacial*. La Plata.
- Lázaro, J. (2015). *Estudio De La Resistencia A La Corrosión Y Microestructura En La Soldadura Del Acero Dúplex 2205*. Lima.
- Lincango, & Viteri. (2016). Soldabilidad y análisis del comportamiento de la soldadura por fricción en acrílicos. *Quito*, 12.
- Ñaupas, H. (2013). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). Bogotá: Ediciones de la U.

- Oerlikon. (2012). *Manual de soldadura y catálogo de productos*. Lima: Soldexa.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2012). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/aluminio/>
- Proyectos piping*. (1 de 12 de 2014). Obtenido de <http://proyectopiping.blogspot.com/2014/12/asme-seccion-v-descarga.html>
- Reyes, E. (2014). Evaluación De La Resistencia A La Corrosión De La Aleación Aa 6063-T6 Lima Perú ,Procesada Mediante Fricción Batido. *Lima*, 12.
- RICARDES, A. (2010). APLICACIONES DEL ALUMINIO. 1-10.
- RICARDEZ, A. (2010). APLICACIONES DEL ALUMINIO. 1-10.
- Santiago, & Lombera. (2007). Análisis Bidimensional del Flujo de Material en Soldadura por Fricción-Agitación. *CONICET*, 1.
- SUNARC. (ABRIL de 2014). *SOLDADURA MIG-MAG*. Obtenido de <https://www.esmijovi.com/descargas/soldadura-MIG.pdf>
- Termiser*. (18 de marzo de 2016). Obtenido de <https://www.termiser.com/tipos-de-aluminio-clases-de-aluminio-segun-aleacion/>
- Toapanta, R. (2015). Estudio Del Proceso De Soldadura Por Fricción Agitación (Fsw) Y Su Incidencia Sobre Las Propiedades Mecánicas En Uniones De Perfiles De Aluminio. *Ambato*.
- Unfried, J., Torres, A., Carrasco, J., & Rodríguez, J. (2017). Efectos de la geometría del hombro de la herramienta sobre las propiedades mecánicas de juntas soldadas por fricción-agitación de aleación de aluminio AA1100. *Dyna*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532017000100202&script=sci\\_arttext&tIng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532017000100202&script=sci_arttext&tIng=en)
- Uruguay Educa*. (27 de Octubre de 2018). Obtenido de <http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/mod/book/tool/print/index.php?id=21792>
- Vega, A., & Quiroz, E. (2015). Evaluación de parámetros de avance y rotación para soldadura en aluminio mediante proceso FSW.



VERLAG. (2016). manual de soldadura. En *MANUAL DEL ALUMINIO* (págs. 114-167). ESPAÑA: REVERE S.A.

Zapata, J., Valderrama, J., Hoyos, E., & López, D. (Dicimembre de 2013). Comparación de las propiedades mecánicas de juntas a tope en soldadura por fricción agitación de AA 1100 hechas en una máquina fresadora convencional y en una máquina para FSW. *Dyna*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532013000600014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000600014)

ZAYRA, L. B. (2012). *ESTUDIO DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN POR ELEMENTO FINITO*. SANTILLO.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1: FICHA DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO FSW**

MODELO DE MÁQUINAS:

MODELO DE CABEZAL DE LA MÁQUINA:

GEOMETRÍA DE LA HERRAMIENTA:

TIPO DE UNIÓN:

ESPELOR DEL MATERIAL:

TIPO DEL MATERIAL:

LIMPIEZA PREVIA:

ESPACIO MÍNIMO PARA UNIR:

|           | Velocidad de herramienta (rpm) | Velocidad de avance (mm/min) |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|
| Ensayo 01 |                                |                              |
| Ensayo 02 |                                |                              |
| Ensayo 03 |                                |                              |
| Ensayo 04 |                                |                              |
| Ensayo 05 |                                |                              |

### **Anexo 2: FICHA DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO GMAW**

POLARIDAD:

VOLTAJE DE ARCO:

ORIENTACIÓN DEL ELECTRODO:

DIÁMETRO DEL ELECTRODO:

FLUJO DEL GAS PROTECTOR:

TIPO DE UNIÓN:

ESPELOR DEL MATERIAL:

TIPO DEL MATERIAL:

LIMPIEZA PREVIA:

ESPACIO MÍNIMO PARA UNIR:

|           | Velocidad de alimentación del electrodo | Velocidad de recorrido (mm/min) |
|-----------|---|---------------------------------|
| Ensayo 01 |   |                                 |
| Ensayo 02 |   |                                 |
| Ensayo 03 |   |                                 |
| Ensayo 04 |   |                                 |
| Ensayo 05 |   |                                 |

**Anexo 3: FICHA DE OBSERVACIÓN DE END**

| PROCESOS DE SOLDADURA | NÚMERO DE ENSAYOS | PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN |    |    |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|----|----|
|                       |                   | RT                           | UT | MT |
| <b>FSW</b>            | 1                 |                              |    |    |
|                       | 2                 |                              |    |    |
|                       | 3                 |                              |    |    |
|                       | 4                 |                              |    |    |
|                       | 5                 |                              |    |    |
| <b>GMAW</b>           | 1                 |                              |    |    |
|                       | 2                 |                              |    |    |
|                       | 3                 |                              |    |    |
|                       | 4                 |                              |    |    |
|                       | 5                 |                              |    |    |