



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

“Estudio Comparativo De Los Procesos De Soldadura GMAW y GTAW para  
Determinar El Mejor Procedimiento En La Unión De Tuberías De Acero Inoxidable  
Austenítico AISI 304 Del Sector Alimenticio”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Andrés Alberco Medina (ORCID: 0000-0003-2763-0427)

ASESOR:

Mg. Edwin Danilo Paredes Corcuera (ORCID: 0000-0002-5630-4308)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

Trujillo – Perú

2020

## **Dedicatoria**

A dios primeramente por estar siempre conmigo y darme todas las fuerzas necesarias para continuar realizando todas mis metas.

A mis padres por todo el amor y apoyo que me brindaron día a día, enseñando a nunca rendirme y siempre luchar por mis sueños.

A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo.

**Andres Alberco Medina**

## **Agradecimiento**

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por la formación que recibí, en el ámbito personal y profesional durante mis estudios.

A los profesores por haber compartido todos sus conocimientos y experiencia durante sus enseñanzas y a todos mis compañeros de estudio por formar parte de este proceso.

**Andres Alberco Medina**

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, Alberco Medina Andres, con DNI: 46065493, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la siguiente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en documentos como información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, agosto del 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of the name 'Alberco' followed by a stylized 'H' inside a circle.

Alberco Medina, Andres

DNI: 46065493

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas .....	viii
Índices de Figuras .....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Realidad Problemática .....	1
1.2 Trabajos Previos.....	2
1.3 Teorías Relacionadas al Tema .....	6
1.4 Formulación Del Problema.....	30
1.5 Justificación Del Estudio. ....	30
1.6 Hipótesis .....	31
1.7 Objetivos.....	31
<b>II.MÉTODO</b> .....	32
2.1 Tipo y Diseño de la investigación.....	32
2.2 Operacionalización de la Variable .....	33
2.3 Población y muestra.....	34
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.....	34
2.5 Procedimiento. ....	35
2.6 Métodos de análisis de datos.....	54
2.7 Aspectos éticos.....	54
<b>III. RESULTADOS</b> .....	55
3.1 Elaboración De La Especificación De Procedimiento De Soldadura.....	55
3.2 Ejecución los procesos de soldadura GMAW y GATW. ....	60
3.3 Resultados de los ensayos de Inspección Visual .....	61
3.4 Resultados del ensayo por líquidos penetrantes.....	62
3.5 Resultado del ensayo de doblez .....	63

3.6 Resultados del ensayo de tracción .....	64
3.7 Resultados Medición Dureza .....	69
3.8 Comparación de los resultados obtenidos, en los ensayos de los procesos GMAW y GTAW.....	70
3.9 Análisis de costos.....	72
<b>IV DISCUSIÓN</b> .....	73
<b>V CONCLUSIONES</b> .....	75
<b>VI RECOMENDACIONES</b> .....	76
<b>VII REFERENCIAS</b> .....	77
<b>ANEXOS</b> .....	79
Anexo 1: Formato de Especificación procedimiento de soldadura WPS .....	79
Anexo 2: Formato de registro de calificación de procedimiento PQR .....	81
Anexo 3: Informe de ensayo por inspección visual .....	83
Anexo 4: Informe ensayo por líquidos penetrantes .....	84
Anexo 5: Informe de ensayo de doblez.....	85
Anexo 6: Informe de ensayo de Tracción .....	86
Anexo 7: Especificaciones de la maquina de soldar Power Wave s350 .....	88
Anexo 8: Características principales del alambre MIG 308LSi .....	89
Anexo 9: Características principales del material de aporte GTAW ER308.....	90
Anexo 10: Boleta de venta de kit de ensayo para líquidos penetrantes .....	91
Anexo 11: Boleta de venta de los servicios de soldadura de los procesos GMAW y GTAW.....	92
Anexo 12: Certificado de validez de contenido del instrumento.....	93
Anexo 13: Acta de aprobación de originalidad de Tesis .....	96
Anexo 14: Reporte Turnitin.....	97
Anexo 15: Autorización de Publicación de Tesis en Repositorio Institucional UCV	98
Anexo 16: Autorización de la Versión final del trabajo de Investigación .....	99

## Índice de Tablas

Tabla 1. Composición química de los electrodos. ....	17
Tabla 2. Parámetros de corriente y material a soldar en el proceso GTAW. ....	20
Tabla 3. Clasificación de los electrodos de tungsteno en la soldadura GTAW.....	22
Tabla 4. Elección de electrodos según la geometría su extremo. ....	22
Tabla 5. Metales y gases utilizados en el proceso de la soldadura GTAW.....	23
Tabla 6. Designación de los aceros inoxidable según AISI.....	24
Tabla 7. Propiedades químicas del Acero AISI 304.....	25
Tabla 8. Propiedades físicas del acero AISI 304. ....	25
Tabla 9. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.....	26
Tabla 10. Variables.....	33
Tabla 11. Numero de probetas para ensayos destructivos.....	34
Tabla 12. Propiedades químicas del Acero AISI 304.....	35
Tabla 13. Propiedades físicas del acero AISI 304. ....	35
Tabla 14. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.....	35
Tabla 15. Especificaciones técnicas de la máquina de soldar Linconl Wave S350 .....	36
Tabla 16. Composición química material de aporte Lincoln ER308LSI. ....	37
Tabla 17. Composición mecánica del material de aporte Lincoln ER308LSI. ....	37
Tabla 18. Composición química material de aporte Lincoln ER308L. ....	38
Tabla 19. Propiedades mecánicas del material de aporte Lincoln ER308L. ....	38
Tabla 20. Parámetros a utilizar en el proceso de soldadura GMAW. ....	43
Tabla 21. Modos de trasferencia en el proceso GMAW .....	43
Tabla 22. Parámetros a utilizar en el proceso de soldadura GTAW.....	44
Tabla 23. Tipo de gas a utilizar según el metal .....	44
Tabla 24. Tipo de electrodo, corriente y geometría a utilizar.....	45
Tabla 25. Caudal de gas y diámetro a utilizar según el espesor del material .....	45
Tabla 26. Parámetros utilizados en el proceso GMAW y GTAW. ....	46
Tabla 27. Criterios para la aceptación de la soldadura y métodos de examen .....	47
Tabla 28. Numero de ensayos destructivos y probetas requeridas.....	48
Tabla 29. Numero de ensayos No destructivos y probetas requeridas. ....	48
Tabla 30. Instrumentos utilizados en la inspección visual .....	49
Tabla 31. Inspección visual en los procesos GMAW y GTAW.....	49
Tabla 32. Ensayos por líquidos penetrantes GMAW y GATW. ....	50



Tabla 33. Probetas utilizadas para la evaluación del ensayo de tracción. ....	51
Tabla 34. Ejecución de los ensayos de tracción procesos GMAW y GTAW .....	51
Tabla 35. Probetas utilizadas para la evaluación del ensayo de doblez. ....	52
Tabla 36. Ejecución de los ensayos de doblez de los procesos GMAW y GTAW .....	52
Tabla 37. Ejecución de los ensayos de dureza de los procesos GMAW y GTAW .....	53
Tabla 38. Parámetros de la especificación de procedimiento de soldadura. ....	55
Tabla 39. Formato WPS del proceso de soldadura GMAW .....	56
Tabla 40. El formato WPS del proceso de soldadura GTAW .....	57
Tabla 41. Calificación del procedimiento de soldadura proceso GMAW .....	58
Tabla 42. Calificación del procedimiento de soldadura proceso GTAW .....	59
Tabla 43. Informe de inspección visual .....	61
Tabla 44. Informe de líquidos penetrantes .....	62
Tabla 45. Informe de ensayo de doblez .....	63
Tabla 46. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTM-01 .....	65
Tabla 47. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTM-02. ....	66
Tabla 48. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTT-01 .....	67
Tabla 49. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBT-02.....	68
Tabla 50. Resultados de la medición de dureza del metal base.....	69
Tabla 51. Resultados de la medición de dureza de la zona ZAC .....	69
Tabla 52. Resultados de la medición de dureza de la zona ZAC .....	69
Tabla 53. Comparación de inspección visual de los procesos GMAW y GTAW.....	70
Tabla 54. Comparación de inspección visual de los procesos GMAW y GTAW.....	70
Tabla 55. Comparación en ensayos de tracción de los procesos GMAW y GTAW .....	71
Tabla 56. Comparación en ensayos de doblez de los procesos GMAW y GTAW .....	71
Tabla 57. Comparación del ensayo de doblez de las probetas GMAW y GTAW .....	71
Tabla 58. Costos de Equipos, Materiales y operación.....	72
Tabla 59. Costos de Materiales para soldadura. ....	72
Tabla 60. Costos de ensayos realizados.....	72

## Índices de Figuras

Figura 1. Proceso de soldadura oxiacetilénica OAW .....	6
Figura 2. Proceso de soldadura por arco eléctrico protegido (SMAW) .....	7
Figura 3. Proceso de soldadura por arco con núcleo fundente FCAW.....	8
Figura 4. Proceso de soldadura por arco sumergido SAW.....	9
Figura 5. Proceso de soldadura GMAW.....	10
Figura 6. Equipo de soldeo y principales componentes del proceso GMAW.....	11
Figura 7. Autorregulación del arco en el proceso de soldadura GMAW .....	12
Figura 8. Gases de protección utilizados en el proceso GMAW.....	13
Figura 9. Modos de transferencia utilizados en el proceso GMAW. ....	14
Figura 10. Transferencia Por Arco Spray utilizado en el proceso GMAW.....	15
Figura 11. Proceso de soldadura GTAW.....	18
Figura 12. Tipos de corriente en el proceso de soldadura GTAW .....	19
Figura 13. Equipo de soldadura del proceso de soldadura GTAW .....	21
Figura 14. Acabados de la punta del electrodo en la soldadura GTAW .....	23
Figura 15. Máquina universal de tracción y sus principales partes .....	28
Figura 16. Tipos de ensayos de dureza.....	28
Figura 17. Máquina de soldeo proceso POWER WAVE S350.....	36
Figura 18. Material de aporte Lincoln ER308LSI.....	37
Figura 19. Material de aporte Lincoln ER308LSI.....	38
Figura 20. Tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304 .....	39
Figura 21. Junta a tope.....	39
Figura 22. Tronzado de tubería AISI 304.....	40
Figura 23. Cilindrado y refrentado de tubería AISI 304.....	40
Figura 24. Diseño del sistema de purga según AWS. ....	41
Figura 25. Ejecución del sistema de purga según AWS .....	41
Figura 26. Ejecución de los procesos de soldadura.....	46
Figura 27. Cupones soldados con los procesos GMAW y GTAW .....	46
Figura 28. Números de ensayos destructivos de tensión y dobléz según ASME.....	47
Figura 29. Kit de Tintas Penetrantes de inspección visual.....	50
Figura 30. Diagrama de flujo para el método de análisis de datos.....	54
Figura 31. WPS de Soldadura.....	60

Figura 32. Sistema de gas de respaldo.....	60
Figura 33. Ejecución gas del respaldo .....	60
Figura 34. Ejecucion de los Procesos GMAW y GTAW .....	60
Figura 35. Montaje de las probetas de ensayo en la maquina universal de tracción. ....	64
Figura 36. Toma de medidas y resultados en la maquina universal de tracción .....	64
Figura 37. Curva esfuerzo – deformación probeta PBTM-01 .....	65
Figura 38. Curva esfuerzo – deformación probeta PBTM-01 .....	66
Figura 39. Curva esfuerzo – deformación probeta PBT-01.....	67
Figura 40. Curva esfuerzo – deformación probeta PBT-02.....	68
Figura 41. Puntos a medir del material base, la zona ZAC y la zona de soldadura. ....	69

## RESUMEN

En la industria alimenticia, el transporte de los fluidos se realiza mediante tuberías de acero inoxidable, la característica principal que tiene este tipo de acero es la resistencia a la corrosión, siendo considerando uno de los metales más higiénicos para el transporte de los fluidos en el sector alimenticio. El acero inoxidable austenítico AISI 304 es el acero más utilizado en este sector. En esta investigación se estudió la soldabilidad del acero inoxidable austenítico AISI 304 mediante un estudio comparativo los procesos de soldadura GMAW y GTAW, para determinar el mejor procedimiento en estos tipos de aceros. Se utilizó un sistema de purga con una cámara de gas inerte para la obtención de una raíz de soldadura limpia y sin discontinuidades. Para la evaluación de ambos procesos se utilizó ensayos destructivos y no destructivos. Los ensayos no destructivos comprendieron de: ensayo de inspección visual y líquidos penetrantes mientras que los ensayos destructivos comprendieron de ensayos de doblez, tracción y dureza. Todos estos ensayos se desarrollaron según los códigos de soldadura ASME (sociedad Americana de ingenieros Mecánicos) y AWS (Sociedad Americana de Soldadura).

Para realizar la evaluación de los procesos de soldadura GMAW y GTAW se soldó dos probetas con ambos procesos, el cual fueron evaluados con los ensayos no destructivos de inspección y líquidos penetrantes, luego se prepararon 8 probetas para el ensayo de doblez, 4 para el ensayo de tracción y 3 para en ensayo de dureza.

Al realizar los ensayos no destructivos de inspección visual y líquidos penetrantes a las probetas de los procesos de soldadura GMAW y GTAW, ambas probetas pasaron los criterios de aceptación según los códigos de soldadura, sin embargo, se observó una mejor formación de raíz (cordón interior de la tubería). Al realizar los ensayos destructivos de doblez y de tracción, ambos procesos de soldadura obtuvieron un resultado aceptable según el criterio de aceptación del código de soldadura ASME IX.

**Palabras claves:** Estudio comparativo, procesos de soldadura, acero inoxidable.

## ABSTRACT

In the food industry, the transport of fluids is done through stainless Steel pipes, the main characteristic of this type of steel is the resistance to corrosion, considering one of the most hygienic metals for the transport of fluids for the food industry. In this investigation the weldability of austenitic stainless steel AISI 304 was studied through a comparative study of GMAW and GTAW, to determine the best procedure in these types of steels. A purge system with an inert gas chamber was used to obtain a clean welding root without discontinuities. For the evaluation of both processes destructive and non-destructive tests were used, the non-destructive tests comprised of: visual inspection test and penetrating liquids while the destructive tests comprised of bending, tensile and hardness tests. All these tests were developed according to the welding codes ASME (American Society of Mechanical Engineers) and AWS (American Welding Society).

To perform the evaluation of the GMAW and GTAW welding processes, two specimens were welded with both processes, which were evaluated with non-destructive inspection tests and penetrating liquids, then 8 specimens were prepared for the bending test, 4 for the test of traction and 3 for in hardness test.

When carrying out the non-destructive tests of visual inspection and penetrating liquids to the test pieces of the GMAW and GTAW welding processes, both test pieces both tested the acceptance criteria according to the welding codes, however a better root formation was observed (inner cord of the pipeline). When carrying out the destructive bending and tensile tests, both welding processes obtained an acceptable result according to the acceptance criteria of the ASME IX welding code.

**Keywords:** Comparative study, welding processes, stainless steel.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

Hoy en día las empresas de alimentos, farmacéuticas, químicas con el fin de satisfacer las necesidades del consumidor y lograr altos estándares de calidad en su producto conllevan a utilizar las mejores aplicaciones, y procedimientos para el desarrollo de sus productos, siendo el acero inoxidable el metal más utilizado en este sector por su buenas propiedades mecánicas y la buena resistencia a los medios agresivos. Uno de los procesos más utilizados, rentables y de buena calidad para la unión de estos aceros es la soldadura, que hasta el día de hoy es muy importante en la unión de los metales. (Hansselt, 2008, pg.9)

La utilización de los aceros inoxidables va en aumento en el sector industrial de alimentos y farmacéuticos, donde necesitan tuberías y accesorios de alta durabilidad y en medios sumamente corrosivos. Los procesos de soldadura de un metal específico en tuberías de acero inoxidables son pocos. Por ese motivo y real problemática por desarrollar y calificar un proceso de soldadura para las uniones de tuberías en acero inoxidable que es importante para el proceso productivo de las empresas de sector alimenticio, farmacéuticos y químicos. Se ha suscitado una problemática en el uso de este acero cuando es soldado tiene fallas de soldadura como son como son las precipitación de carburos, poros internos, que generan que el acero inoxidable exista corrosión, lo cual se convierte en un contaminante para los productos, que son trasportados por estas tuberías, estos óxidos junto con el producto que puede ser leche, agua, etc. Pueden reaccionar y formar compuestos que son muy peligrosos para el consumo humano. (Campbell, Sturgill, y Roth, 2014, pg47)

Es por ello que se propone el siguiente proyecto que se enfoca en determinar influencia de los procesos GMAW y GTAW sobre la resistencia a la tracción, dureza y microestructura en uniones soldadas de tubería de acero Inoxidable AISI 304, donde se pretende seleccionar el mejor proceso de soldadura, con un cordón de soldeo de buena calidad y sus propiedades mecánicas sean las óptimas para su función que tiene que cumplir las tuberías de este tipo de acero.

## 1.2 Trabajos Previos

En un trabajo de tesis (Trujillo, 2017). El autor determino mejor procedimiento de soldadura con el modo de transferencias por cortocircuito y por spray que se realiza en la soldadura GMAW, para realizar este trabajo utilizo placas de 250mm x 300mm en acero inoxidable AISI 304 y con un espesor de 3mm. Para poder realizar el ensayo de soldabilidad se usó el manual de soldadura ASM (Sociedad Americana de Metales) volumen 06 y para la calificación de proceso de soldadura se utilizó el código ANSI/AWS D1.6, para utilizar los ensayos de tracción, doblado y los ensayos no destructivos para determinar la fiabilidad de la soldadura y la calidad del cordón. Como resultado en los ensayos no destructivos y destructivos se determinaron que los resultados son aceptables según la normativa por lo que se determina una buena soldabilidad entre el acero austenítico AISI 304 y el proceso de soldadura GMAW.

En otro trabajo de tesis (Borda, 2015). El autor estudió el control de calidad del proceso de soldadura GTAW en la fabricación de equipos de aceros inoxidables. El material base utilizó fue el Acero Inoxidable Austenítico 304, los trabajos realizados fueron ejecutados según la norma ASME y la norma AISI, según los parámetros que indica la norma ASME sección II parte C se decidió utilizar el material de aporte en acero Inoxidable ER 310 y para la calificación de los soldadores y la soldadura se utilizó la Norma ASME IX tomando las posiciones 1G, 2G, 3G, para el procedimiento. Los resultados en el trabajo realizados fueron favorables para la empresa ya que pudo prevenir el 80% de los defectos de soldadura asimismo al aplicando el control de calidad de la soldadura según las normas y códigos establecidos permite reducir los errores en la soldadura, 2015.

La siguiente tesis realizada por (Oropeza y Oregón, 2015). Los autores estudiaron la influencia de las propiedades mecánicas utilizando el proceso de soldadura GMAW en un acero inoxidable. Los autores utilizaron una tubería acero inoxidable austenítico 310 con un diámetro exterior de 4 pulgadas y espesor de 1 pulgada el cual se maquina para poder dejarlas planas para realizar las probetas de ensayo, según

normativa ASTM – A 370 en los ensayos de tensión, para la selección de los electrodos se utilizó el código AWS 5.18. Como resultado de los análisis de composición del metal del acero inoxidable austenítico después de aplicar el proceso de soldadura GMAW es que mantiene completamente la misma estructura austenítica, concluyendo que las probetas que se soldaron no mostraron cambios mayores en su microestructura, las micrografías que se obtuvieron dio como resultado cristales de ferrita en la estructura del material a consecuencia de la aplicación de soldadura.

En otro trabajo de tesis (Bombón, 2014). El autor analizó la variación de velocidad de avance de la soldadura de un acero inoxidable austenítico, utilizando el proceso de soldadura GMAW. Para realizar esta investigación el autor uso placas de acero inoxidable austenítico AISI de 1/8 de espesor y 300 mm de longitud, para la evaluación de las juntas soldadas se utilizó la normativa AWS D1.6, para la selección de la soldadura, electrodos y varilla se utilizó la norma AWS A5.9. Los ensayos utilizados en este trabajo de investigación fueron: ensayo de inspección visual, ensayo de líquidos penetrantes, ensayo de radiografía industrial, ensayo, ensayo de tracción y de dureza bajo la normativa ASTM y AWS respectivamente. Los resultados obtenidos tanto positivos como negativos fueron favorables para el aporte de conocimientos para la aplicación de soldadura en aceros inoxidables.

La tesis que realizó (Gámez 2017). El autor estudió la soldabilidad del acero inoxidable austenítico 304L y 316L unido con materiales de aporte ER308L, ER312 y ER316L utilizando el proceso de soldadura GMAW, para la evaluación y calificación de este proceso de soldadura se utilizó el ensayo macrografico, ensayo de doblez y los análisis de microdureza según el código AWS. Los resultados en las macrografías realizadas a la soldadura ER-312 y ER308L, presentaron discontinuidades y la macrografía de la soldadura ER316 no presento ningún tipo de discontinuidad, en los ensayos de doblez la soldadura ER308 y ER312 mostraron discontinuidades mientras que las soldaduras ER316L no mostraron discontinuidades en las pruebas de doblez. Se concluyó que el acero inoxidable 304L presenta una buena soldabilidad al ser soldado con materiales de aportación ER308 y ER312 con los parámetros de voltaje y corriente bien definidos. En el material base 3016L en unión con la soldadura ER316L presenta una muy buena soldabilidad.



En otra investigación (Carbajal, 2017). El autor desarrolló una metodología en la soldabilidad del acero inoxidable austenítico con diámetros mayores a 4 pulgadas y espesores hasta los 3 milímetros, en este trabajo se utilizó el proceso de soldadura GTAW con cámara de gas inerte para soldar, el autor utilizó el código AWS D18.1 para calificar la calidad de soldadura y el ensayo no destructivo en el cual empleo la inspección visual remota en donde pudo encontrar imperfecciones de la junta soldadas. Los resultados en esta investigación fueron los siguientes: el autor determinó la importancia de usar una cámara de gas inerte en los aceros inoxidables para la industria alimentaria ya que obtuvo una buena calidad en el cordón de soldadura.

En un artículo trabajado por (Campbell, Sturgill y Roth, 2014). Los autores estudiaron los diferentes niveles de decoloración, que presentaron las raíces de las tuberías de acero inoxidable austeníticos al ser soldadas, los autores utilizaron la norma AWS D18.1 en la cual calificaron sus probetas de ensayo a través de la inspección visual. Como resultado los autores concluyeron utilizar la norma AWS D18.1 para la calificación visual de las tuberías de acero inoxidable austeníticos en las industrias de alimentos.

El siguiente artículo los autores (Rodríguez y Osmundo, 2017). Se estudió la soldabilidad de los aceros inoxidables austeníticos relacionado a los problemas agrietamiento, fragilidad y la precipitación de carburos de cromo que presentan los aceros inoxidables al ser soldados. Como resultado de la investigación los autores concluyeron lo siguiente: que antes de soldar el material base se debe encontrar completamente limpia superficialmente y que el electrodo tiene que asemejarse en lo más posible en la composición química del material base y seleccionar adecuadamente los parámetros en los procesos de soldadura.

La siguiente investigación (Camargo, Bohórquez y Sánchez 2018). Los autores estudiaron la influencia de la temperatura en la soldabilidad de acero inoxidable austenítico AISI 316 con el proceso de soldadura GTAW, los autores utilizaron 3 probetas de tubería de acero austenítico AISI 316 de 2 pulgadas de diámetro y 1/8 de espesor las cuales fueron precalentadas en diferentes temperaturas antes de ser soldadas, los autores utilizaron la normativa ASTM para la elaboración de sus probetas de ensayo, para la evaluación de la soldadura utilizaron los ensayos no destructivos y destructivos como ensayos de tensión, mediciones de micro dureza y análisis de fracturas de las probetas. Como resultado los autores concluyeron que se debe aplicar un tratamiento térmico menores a 400 grados C° y a temperaturas mayores a los 600 grados C° existen presencias de precipitaciones de carburo en el material soldado.

En otro artículo realizado por (Fernández, Rodríguez, y Alcántara, 2016). Los autores estudiaron la caracterización micro estructural de las uniones soldadas de los aceros austeníticos 316L en tuberías de 2 pulgadas de diámetro con el procedimiento de soldadura SMAW. Los autores estudiaron la caracterización micro estructural de la soldadura utilizaron diferentes tipos de electrodos para la soldadura de las probetas de acero 316L. Para la elaboración de las probetas de ensayo y la calificación del cordón soldadura los autores utilizaron las pruebas de ensayo de dureza Vickers según la normativa ASTM E-92. Como resultado los autores concluyeron que al utilizar la soldadura E 316L-16 mantiene la misma estructura austenítica y es mejor para la soldadura del acero inoxidable austenítico 316.

### 1.3 Teorías Relacionadas Al Tema

#### 1.3.1 SOLDADURA

La American Welding Society (AWS) determina que la soldadura es el procedimiento de unión que origina la coalescencia (Propiedad de dos o más materiales para unirse o fundirse) calentándose a la temperatura de la soldadura utilizando un material de aportación. (Jeffus, 2009, p.5)

La soldadura hoy en día es muy importante para el desarrollo y la productividad de las industrias, realizando un papel importante en las fabricaciones y reparaciones en las industrias grandes, medianas o pequeñas, siendo muy eficaz, y rentable para las uniones de los metales. (Antuña, 2007, p.1)

#### 1.3.2 PROCESOS DE SOLDADURA

Los procesos de soldadura han ido aumentando según pasaron los años, definiéndose como la unión los metales por fusión y presión utilizando un material de aportación, entre los procesos de soldadura que se utilizan en la industria son: (Rodríguez, 2001, pg. 6)

##### 1.3.2.1 Proceso de soldadura OAW (oxy- acetylene welding)

Este proceso de soldadura se le conoce también como soldadura oxiacetilénica, consiste en una llama que es direccionada por medio de un soplete que se obtiene de la combustión de los gases de oxígeno y acetilénico. (Reina, 2003, pg. 80)

El Proceso de soldadura oxiacetilénica se muestra en la figura 1.

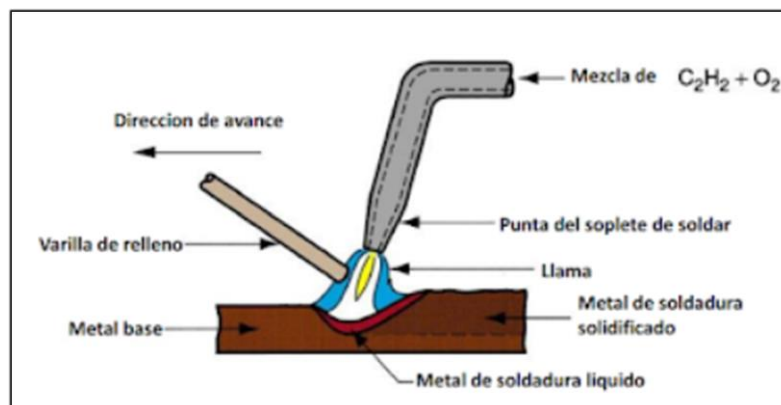


Figura 1. Proceso de soldadura oxiacetilénica OAW

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### **Ventajas de la soldadura OAW**

- El equipo de soldadura es bajo precio
- Se puede trabajar sin material de aporte
- Puede realizar diferentes trabajos como calentar, doblar, endurecer, y forjar. (Millán, 2006, pg. 260)

### **Desventajas de la soldadura OAW**

- Es necesario recargas los balones de gases lo que resulta un proceso costoso
- Si en la soldadura son de mayores espesores resulta más costosa
- Produce bastante escoria. (Reina, 2003, pg. 80)

#### **1.3.2.2 Proceso de soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding)**

Este proceso se le llama conoce también como soldadura por arco metálico protegido o comúnmente “soldadura eléctrica”, para lograr la unión de dos metales por medio de la concentración del calor del arco eléctrico que se establece en el metal a soldar y el electrodo, generando una zona de fusión, tal como se muestra en la figura 2. (Hernández, 2006, pg.194)

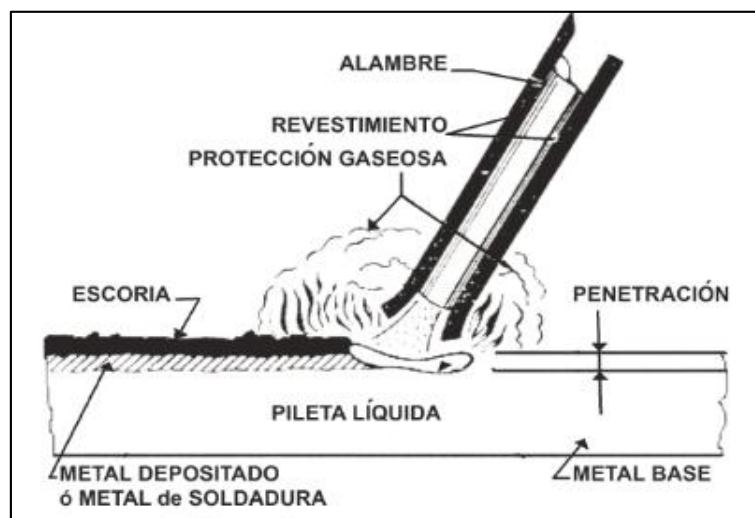


Figura 2. Proceso de soldadura por arco eléctrico protegido (SMAW)

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

## Ventajas de la soldadura SMAW

- Equipo de bajo costo y fácil trasportación
- Es un proceso fácil de adaptación y de bajo precio
- Es utilizado en casi todo los metales
- Se puede trabajar en condiciones abiertas. (Reina, 2003, pg.115)

## Desventajas de la soldadura SMAW

- No se puede soldar espesores menores de 3mm
- Proceso que produce bastante escoria
- Se requiere cambio de electrodo constantemente. (Hernández, 2006, pg.194)

### 1.3.2.3 Proceso de soldadura FCAW (Flux Cored Arc Welding)

Este proceso es más conocido como soldadura por arco con alambre tubular, este tipo de soldadura utiliza el arco eléctrico que lo forma un electrodo tubular alimentado constantemente que es el material de aporte y el metal a soldar. Emplea un gas protector que esta contenido dentro alambre tubular este procedimiento es muy parecido a la MIG con el único cambio usa un alambre que contiene un Flux (polvo metálico fundente granular) en su interior. El proceso FCAW se aprecia en la figura 3. (Hernández, 2006, pg.332)

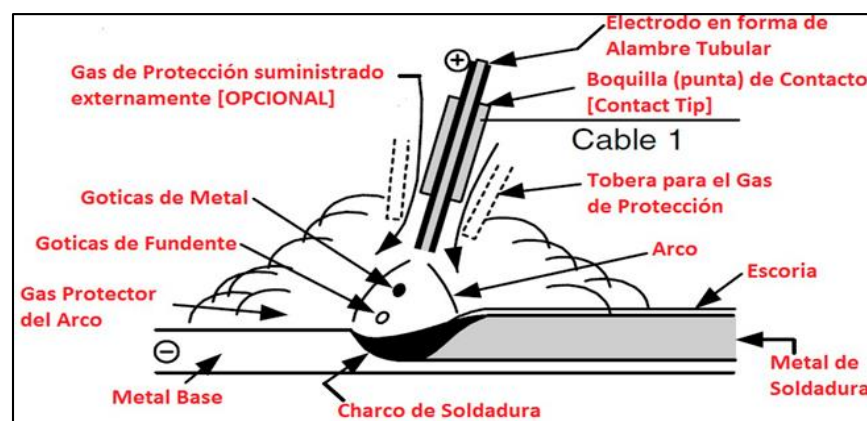


Figura 3. Proceso de soldadura por arco con núcleo fundente FCAW

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### Ventajas de la soldadura FCAW

- Buena calidad y buena penetración de soldadura
- Soldadura fácil de mecanizar
- No requiere de mucha limpieza al soldar
- No requiere de un equipo de gas protector. (Hernández, 2006, pg.332)

### Desventajas de la soldadura FCAW

- El alambre de la soldadura FCAW es costoso
- No se puede soldar metales ferrosos
- El equipo es más costoso que el de la soldadura eléctrica y necesita constantemente de mantenimiento. (Hernández, 2006, pg.332)

#### 1.3.2.4 Proceso de soldadura SAW (Sumerged Arc Welding)

Ha este proceso también se le denomina “Soldadura Por Arco Sumergible” en donde utiliza la fusión de un electrodo continuo siendo macizo o tubular, en donde el arco eléctrico y el baño de fusión revestidos por un polvo granulado para proteger la fusión de soldadura del exterior. Este proceso es completamente automático y rápido permitiéndole generar mayor producción. El proceso de soldadura SAW se muestra en la figura 4. (Jeffus, 2009, p.336)

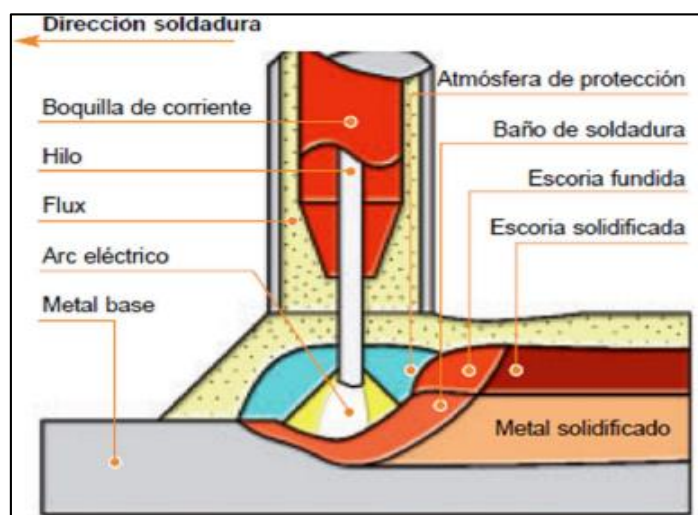


Figura 4. Proceso de soldadura por arco sumergido SAW

Fuente Soldadura principios y aplicaciones. 5.ª ed. 2009

### 1.3.2.5 Proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Es proceso es más conocido en el sector industrial como Soldadura MIG/MAG, el arco se produce con el electrodo de hilo continuo y el metal a soldar para poder proteger la soldadura de la atmosfera utilizamos un gas inerte el proceso MIG o la utilización de un gas activo en el proceso MAG. (Rodríguez, 2001, p.56)

Para metales delgados en espesor y para metales ferrosos se utiliza el proceso de soldadura MAG, empleando el  $CO_2$  de forma activa en la soldadura. En la figura 5 podemos ver el proceso GMAW. (Rodríguez, 2001, p.60).

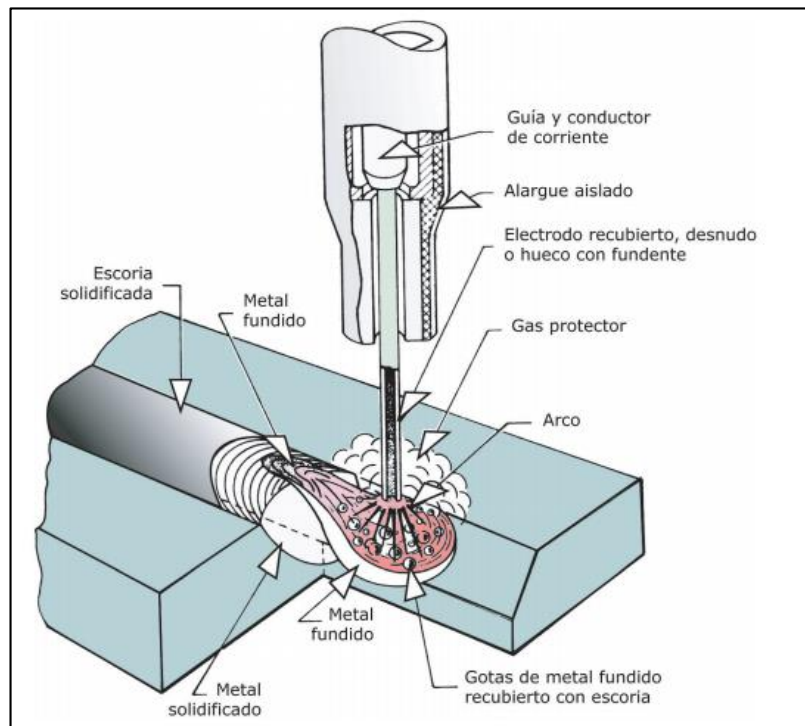


Figura 5. Proceso de soldadura GMAW

Fuente Soldadura principios y aplicaciones. 5.ª ed. 2009

### 1.3.2.5.1 Máquina usada en el proceso GMAW (MIG/MAG)

El equipo de soldeo GMAW está compuesto por:

- Fuente eléctrica.
- Fuente alimentadora de gas.
- Sistema alimentador del electrodo o alambre
- Pistola de enfriamiento aire o agua
- Sistema para controlar los parámetros en la soldadura
- El porta electrodo o alambre
- Sistema que regula el gas protector
- Mangueras o tubos.( Hernández, 2000, p293)

El equipo de soldeo del proceso MIG/MAG y sus principales componentes se muestra en la figura 6.

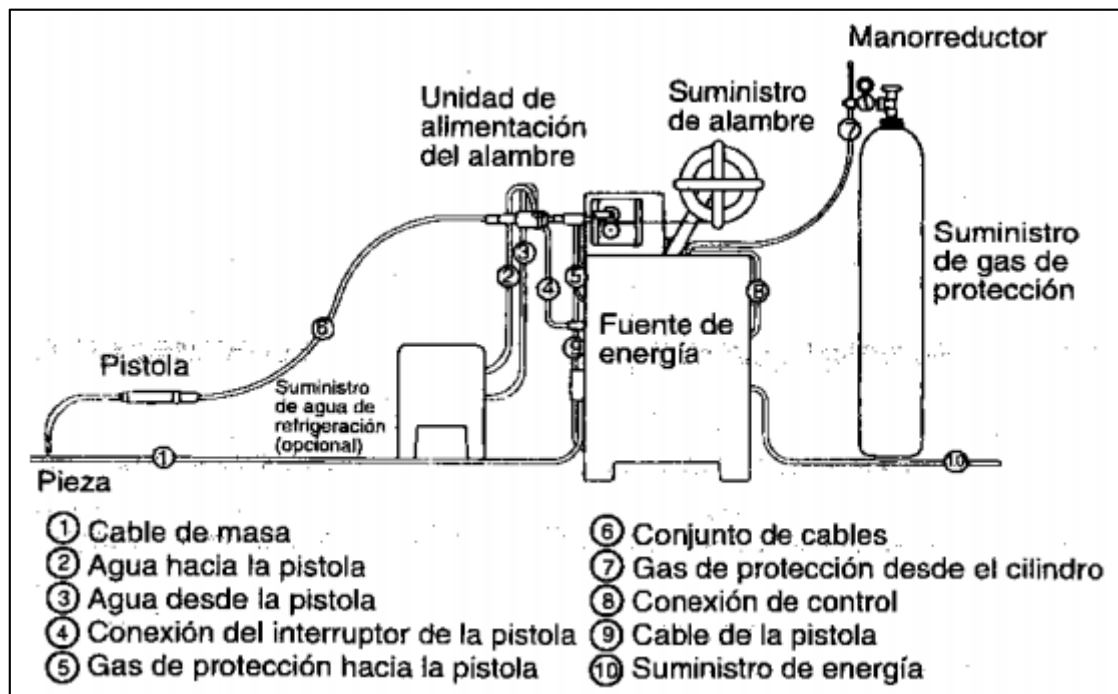


Figura 6. Equipo de soldeo y principales componentes del proceso GMAW

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007



### 1.3.2.5.2 Fuentes de energía

Las fuentes de energía en proceso de soldadura MIG/MAG funciona a elevadas intensidades por lo general menores a 500<sup>a</sup> en los trabajos semiautomáticos de soldeo. (Hernández, 2000, p294)

### 1.3.2.5.3 Autorregulación del arco

Cuando el alambre toca la pieza al momento de soldar la intensidad que se genera en el cortocircuito es muy alta, fundiendo el alambre inmediatamente y originando un arco (cebado instantáneo). Realizado el arco entra en función el principio de autorregulación, que debe suministrar intensidad requerida para poder fundir el electrodo o alambre, para poder mantener un arco estable que corresponda al voltaje regulado que se eligió. (Hernández, 2000, p295)

La autorregulación a la hora de soldar en el proceso de soldadura GMAW se muestra en la figura 7.

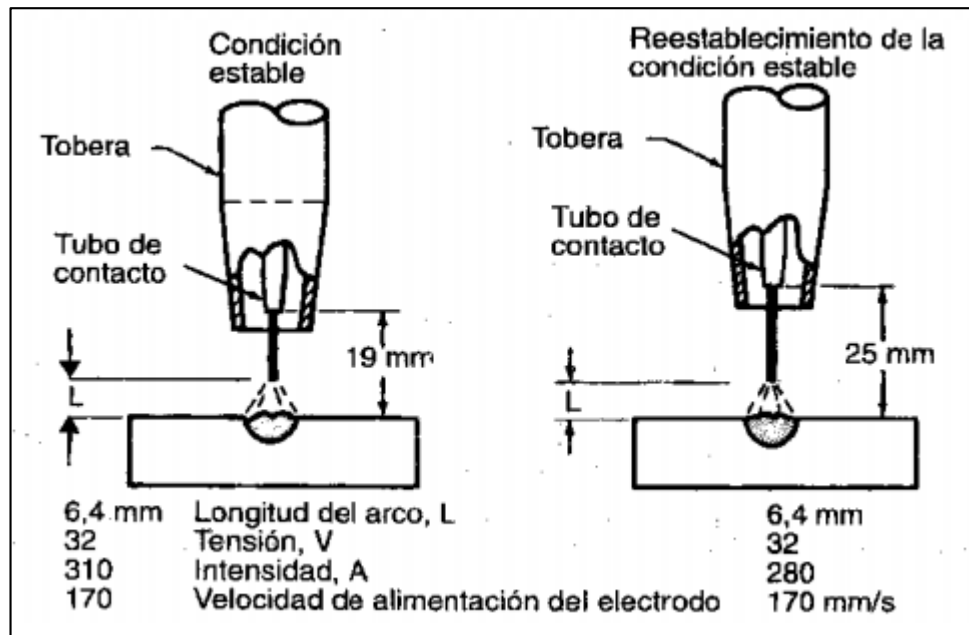


Figura 7. Autorregulación del arco en el proceso de soldadura GMAW

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

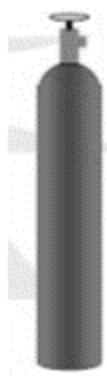
#### 1.3.2.5.4 Gas de protección

El gas de protección que se utiliza en el proceso de soldadura MIG/MAG esta alimentado por un balón de gas en donde se utiliza un caudalímetro para poder regular el caudal de gas del protector para cada operación de soldeo. Este gas tiene la función de proteger el metal fundido de los contaminantes de la atmosfera circundante. (Jeffus, 2009, p.253)

Los factores que afectan el gas de protección son:

- Metal base soldar
- Los tipos de transferencia en la aportación
- Penetración
- Estilo del cordón
- La velocidad en la soldadura
- Tipo de gas que se utiliza. (Hernández, 2000, p313)

Los gases que se utilizan en el proceso de soldadura MIG/MAG se muestra en la figura 8.



GASES DE PROTECCIÓN USUALES	
GASES INERTES (MIG)	GASES ACTIVOS (MAG)
Ar	Ar + CO <sub>2</sub> (15 + 25% CO <sub>2</sub> )
He	Ar + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (15 + 25% CO <sub>2</sub> / 5% O <sub>2</sub> )
Ar + He	Ar + O <sub>2</sub> (5% O <sub>2</sub> )
	Ar + He + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>

Figura 8. Gases de protección utilizados en el proceso GMAW

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

Cuando se suelda con MIG se utiliza los gases inertes como (Ar y He) y cuando se suelda con MAG se utilizan gas activos como CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> y para soldar aceros al carbono al carbono se utiliza el CO<sub>2</sub> puro solamente. (Rodríguez, 2001, pg.40)

### 1.3.2.5.5 Parámetros en la soldadura

Los parámetros importantes que forman parte de las características de soldeo, y calidad de soldadura, son:

- a) Voltaje
- b) La velocidad en la alimentación
- c) La velocidad en el desplazamiento
- d) La polaridad
- e) La inclinación que da a la pistola (Angulo)
- f) Y el gas protector. (Centro Zaragoza., 2016, pg.3)

### 1.3.2.5.6 Agua de refrigeración

El gas de protección que se usa en la soldadura MIG/MAG sirve también para la refrigeración de la pistola bajas intensidades para intensidades elevadas es necesario usar agua para refrigerar las pistolas. (Hernández, 2000, p304)

### 1.3.2.5.7 Modos de transferencia del material de aporte

Existen cuatro formas de transferencia del metal que se puede utilizar en el proceso MIG/MAG se muestran en la figura 9.

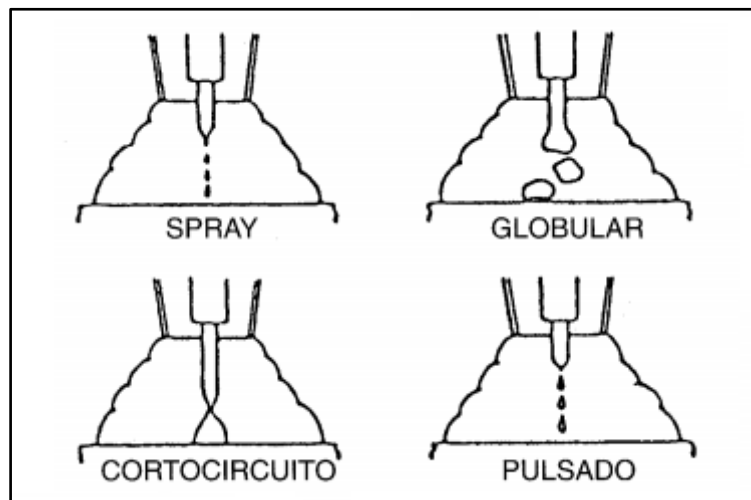


Figura 9. Modos de transferencia utilizados en el proceso GMAW.

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### **a) Transferencia Por Cortocircuito**

Este tipo de transferencia se utiliza en espesores delgados pudiendo soldarse en posiciones verticales y sobre cabeza se le puede distinguir porque su arco es corto. Los parámetros que se utilizan son los siguientes valores: intensidades de 50 a 150A y voltajes de 16 a 22V. (Reina, 2003, pg. 179)

### **b) Transferencia Globular**

Este tipo de transferencia se determina porque al soldar se forma una gota grande de metal fundido al final del alambre. Esta gota se forma hasta caer en el baño fundido por su propio peso, esta transferencia no es muy utilizada porque suele a tener poca penetración y cordones abultados, los parámetros comunes son: intensidades de 70 a 250A y voltajes 20 a 30V. (Reina, 2003, pg.181)

### **c) Transferencia Por Arco Spray**

Este tipo de transferencia las gotas creadas son menores o de igual diámetro que el alambre o electrodo, con este tipo de transferencia se logra obtener mayores intensidades y mayores voltajes que van desde 150 a 490A y voltajes de 25 a 40 V, son aplicados a la mayor variedad de materiales bases, pero no aplica para espesores finos debido a la que la corriente de soldeo es alta. (Reina, 2003, pg.178)

El modo de transferencia Spray utilizado en el proceso de soldadura MIG/MAG se muestra en la figura 10.

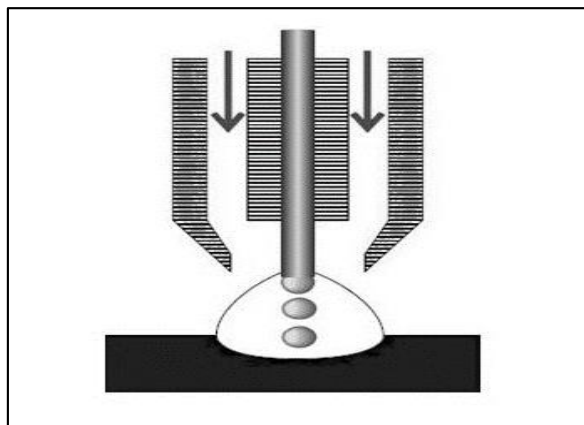


Figura 10. Transferencia Por Arco Spray utilizado en el proceso GMAW.

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### 1.3.2.5.8 Electrodo o alambre utilizado en la soldadura GMAW

#### a) Alambres solidos o macizos

Es el más utilizado en el proceso de soldadura y son usados para aceros en bajo carbono la composición de estos tipos es casi similar al metal base a soldar a esta composición se le agrega cantidades variables de desoxidantes (el más común es el silicio) mejorando sus propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.

Los alambres o electrodos que contienen mayor desoxidantes son los más indicados para soldar con  $CO_2$  evitando así la creación de los poros.

Para la designación de los electrodos para los aceros al carbono utilizamos la normativa (AWS) que son de la clase E R 70 S – X en donde:

**E:** alambre o electrodo

**R:** varilla o metal de aporte

**70:** expresa la resistencia mínima a la tracción en psi

**S:** sólido

**X:** Indica la posición química del alambre

Según el último dígito en las propiedades de los electrodos mencionaremos los siguientes:

**Alambre ER70S-3:** es el alambre más utilizado en el proceso MIG y es el menos costoso y el que utiliza más desoxidantes generando un charco de soldadura más fluido, normalmente se emplea en industrias automotrices y maquinaria agrícola.

**Alambre ER70S-4:** este tipo de electrodo es utilizado en casi todas las soldaduras con acero su precio no es tan elevado. En este proceso se obtiene buena fluidez y buenas características que el electrodo **ER70S-3**, son utilizados en aceros estructurales, tuberías, embarcaciones y en fabricaciones de calderas

**Alambre ER308:** este tipo de alambre es excelente para poder soldar acero inoxidable por su alta resistencia a la corrosión, la soldadura con alambre ER308

se emplea en estructuras y tuberías de productos alimenticios, farmacéuticos, químicos, intercambiadores de calos y otros.

A continuación se determinan la composición de metales en los electrodos según la norma AWS (American Welding Society). (Rodríguez, 2001, p.60)

Tabla 1. Composición química de los electrodos.

<b>Código AWS</b>	<b>Elementos Químicos</b> Composición máxima [%]						
	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>	<b>Al</b>
E60T-7	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,80
E60T-8	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,00
E70T-1	1,75	0,90	0,30	0,20	0,30	0,08	–
E70T-4	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,80
E70T-5	1,50	0,90	0,30	0,20	0,30	0,08	–
E70T-6	1,50	0,90	0,80	0,20	0,30	0,08	–

Fuente: Manual de soldadura 10<sup>o</sup> edición, 2001

### b) Alambres para metales no ferrosos

Para la soldadura de metales no ferrosos se necesitan de alambres diferentes. Por ejemplo para soldar aluminio necesitamos un alambre de aluminio, los alambres más utilizados son:

**Alambres ER-1100 y ER-4043:** se utiliza para soldar aleaciones de aluminio, como planchas y piezas fundidas de gran espesor emplea gas inerte para su protección.

**Alambre ER-5356:** este alambre contiene un 5% de magnesio se utiliza para soldar aleaciones de aluminio, especialmente en la fabricación de estanques

### Ventajas de la soldadura GMAW

- Es factible soldar en todo tipo de posiciones
- La emisión de gases contaminantes es menor con relación a otro tipo de soldadura
- Procedimiento de buen acabado y calidad
- La limpieza en este proceso es casi nula (no produce escoria)
- Se puede automatizar el proceso a altas velocidades de trabajo. (Reina, 2003, pg. 192)

### **Desventajas de la soldadura GMAW**

- Este proceso es limitado en lugares complicados y de difícil acceso para soldar
- La distancia entre el equipo y lugar de trabajo es corta en distancia.
- El equipo de soldadura GMAW es costoso
- Es sensible en lugares externos (atmosfera). (Reina, 2003, pg. 192)

### **1.3.2.6 Proceso de soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)**

Este proceso de soldadura por arco bajo gas protector también conocido como soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) utiliza la fuente de energía del arco eléctrico, que se forma con el electrodo no consumible y el metal o pieza a soldar que a su vez el baño de fusión es protegido por un gas inerte. Para poder realizar este proceso es necesario el material de aportación por medio de varillas. (Hernández, 2000, p.245)

En la figura 11. Muestra el proceso de soldadura GTAW y sus componentes

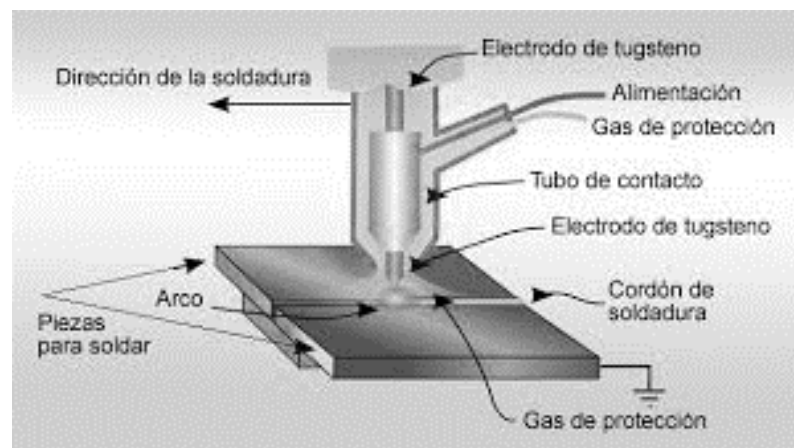


Figura 11. Proceso de soldadura GTAW.

Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

#### **1.3.2.6.1 Aplicaciones**

El proceso de soldadura GTAW se puede utilizar en casi todos los metales esto incluye al aluminio y el magnesio, con este proceso se puede obtener soldadura

de mayor calidad y con una buena pureza metalúrgica y los cordones de soldadura con mejor acabado superficial, este proceso abarca en casi todo el sector industrial. (Reina, 2003, pg. 170)

### 1.3.2.6.2 Selección de tipo de corriente

En el proceso de soldadura GTAW se puede utilizar corriente continua y corriente alterna, esta elección dependerá del material a soldar, cuando se suelda con corriente continua la polaridad recomendada es la directa ya que la polaridad inversa sobrecalienta el electrodo dificultando soldar. En el caso de la corriente alterna reúne las condiciones intermedias de la corriente continua tanto en polaridad directa como inversa. (Rodríguez, 2001, p.42)

En la figura 12 se muestra los dos tipos de corriente que se utiliza en el proceso GTAW.

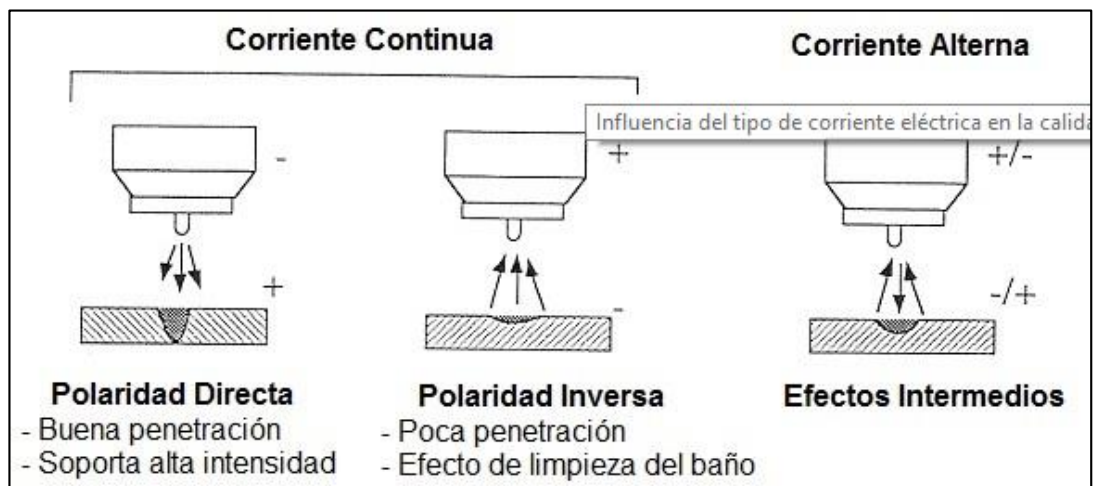


Figura 12. Tipos de corriente en el proceso de soldadura GTAW

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007



En la tabla 2 se muestra el material y el tipo de corriente ejecutada en donde indica la calidad obtenida.

Tabla 2. Parámetros de corriente y material a soldar en el proceso GTAW.

MATERIAL A SOLDAR	CORRIENTE A USAR		
	C.A	C.C Polaridad directa	C.C Polaridad inversa
Magnesio espesores menores a 3mm	Muy buena	Mala	Buena
Magnesio espesores mayores a 4mm	Muy buena	Mala	Mala
Aluminio espesores menores a 2.5mm	Muy buena	Mala	Buena
Aluminio espesores mayores a 2.5mm	Muy buena	Mala	Buena
A. Inoxidable	Buena	Muy Buena	Mala
Aleaciones de bronce	Buena	Muy Buena	Mala
plata	Buena	Muy Buena	Mala
Elaciones de cromo y níquel	Buena	Muy Buena	Mala
Aceros bajo en carbono espesores menores a 0.8mm	Mala	Muy Buena	Mala
Aceros bajo en carbono espesores menores a 0.8mm	Buena	Muy Buena	Mala
Aceros bajo en carbono espesores mayores a 0.8mm	buena	Muy Buena	Mala

Fuente: Manual de soldadura 10° edición, 2001

### 1.3.2.6.2 Equipo de soldeo en el proceso GTAW

El equipo de soldeo consiste en una fuente de energía, una pistola o antorcha, cables de soldadura y el suministro de gas tal como se muestra en la figura 13. (Jeffus, 2009, p.354)

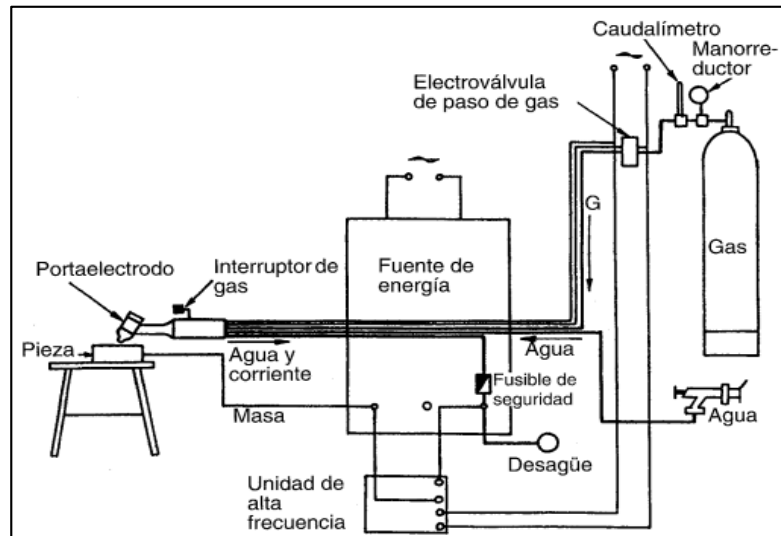


Figura 13. Equipo de soldadura del proceso de soldadura GTAW

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### 1.3.2.6.3 Intensidades requeridas en el proceso GTAW

Las intensidades requeridas según el material a soldar son las siguientes:

- Acero de poca aleación de 30 a 40A
- Al (aluminio) de 45 a 50A
- Cu (cobre) de 75 a 80A
- Para aceros inoxidables de 30 a 40A

### 1.3.2.6.4 Electrodo en la soldadura GTAW

El electrodo que se utiliza en el proceso de soldadura GTAW es el tungsteno o wolframio es un electrodo no consumible, y su punto de fusión es hasta los 4.000°C. El diámetro que se utiliza frecuentemente es de son 1.5, 2.5 y tres milímetros, siendo solamente tungsteno aleado o tungsteno puro, pudiendo también tener 2% de circonio o torio, cuando se adiciona torio incrementa las capacidades de corriente en el electrodo. (Reina, 2003, pg. 158)

Se muestra la clasificación de los electrodos de tungsteno según AWS, en la tabla N°3 y N° 4 respectivamente

Tabla 3. Clasificación de los electrodos de tungsteno en la soldadura GTAW

CLASIFICACIÓN AWS	COMPOSICIÓN	COLOR	TIPO DE CORRIENTE	USOS
EWP	Puro	verde	C.A	Aluminio y aleaciones de Aluminio.
WZ8	0.8 % Zirconio	Blanco	C.A	aleaciones de aluminio y magnesio
WL10	1.5 % Lantano	Dorado	C.A/C.C	aceros al carbono, aleados y aceros inoxidable
WC20	2 % Cerio	Gris	CA/C.C	Aceros aleados y no aleados
WT20	2% Torio	Rojo	CA/C.C	Aceros inoxidable

Fuente: Manual de soldadura 10° edición, 2006

Tabla 4. Elección de electrodos según la geometría su extremo.

Tipo de electrodo	corriente utilizada	Aplicación	Geometría del extremo del electrodo
Tungsteno puro	C.A.	Aluminio y magnesio	Redondeado
Tungsteno con Torio	CC.	Aceros al carbono, baja aleación, inoxidable, cobre (Cu), titanio (Ti)	Afilado
Tungsteno con circonio	C.A y CC.	Aluminio y magnesio con C.A. aceros, cobre, titanio con C.C	Redondeado con C.A, afilado con C.C

Fuente: Manual de soldadura 10° edición, 2006

### Acabados de la punta del electrodo

La forma del acabado final del electrodo es importante para poder estabilizar el arco eléctrico. En la figura 14, se muestra los tipos de acabados de los extremos del electrodo con sus características respectivas. (Hernández, 2000, p.263)

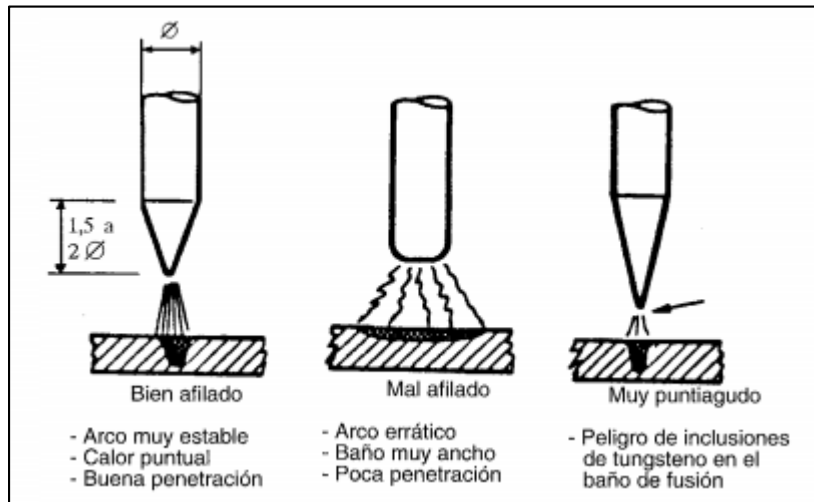


Figura 14. Acabados de la punta del electrodo en la soldadura GTAW

Fuente: Fuente: Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. 2007

### 1.3.2.6.5 Gases de protección en la soldadura GTAW

Los gases de protección se utilizan para optimizar el rendimiento y aumentar la calidad de soldadura, en los aceros inoxidable proporciona una mejor resistencia a la corrosión y conservación de la microestructura en la zona soldada, Se utiliza normalmente de 7 a 16L/min para utilizar el Argón, y de 14 a 24 L/min para utilizar el helio. En la tabla 4 muestra los principales gases utilizados en la soldadura GTAW. (Reina, 2003, pg. 155)

Tabla 5. Metales y gases utilizados en el proceso de la soldadura GTAW.

GASES EN LA SOLDADURA TIG	
METALES	GAS A UTILIZAR
Aluminio y sus aleaciones	Argon
Latón y sus aleaciones	Argón o helio
Cobre con espesores menores a 3mm	Argon
Cobre con espesores mayores a 3mm	Helio
Aceros al carbono	Argon
Aceros inoxidables	Argon

Fuente: Soldadura De Los Aceros 4<sup>a</sup> edición, 2003

### 1.3.3 ACEROS INOXIDABLES

Se le define al acero inoxidable como una aleación de carbono, hierro, cromo y otros elementos como: níquel, titanio, cobre, azufre, manganeso, niobio y molibdeno. En donde se obtiene diversas variaciones en las características y propiedades del acero inoxidable ayudando mejorar algunas propiedades de ductilidad, resistencia a la fluencia al ser impactado y a la corrosión. (Instituto Mexicano Del Transporte, 2014, p.5)

#### 1.3.3.1 CLASIFICACION DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Hoy en día existe una gran variedad de aceros inoxidables en donde se le clasifican según su estructura cristalina y su propiedad de endurecimiento, los aceros inoxidables según su microestructura se pueden clasificar en:

- Ferríticos
- Austeníticos
- Martensíticos
- Endurecidos por precipitación o Precipitation Hardening (PH)
- Dúplex. (Morela, 1990, p.19)

Tabla 6. Designación de los aceros inoxidables según AISI

Designación de la serie AISI	Aleación	Tipo
2XX	Cr-Ni-Mn	Austenítico
3XX	Cr-Ni	Austenítico
4XX	Cr-Mn-Si-C-Ni	Martensítico
5XX	Cr-C-Mo	Ferríticos
5XX	Bajo %Cr	Resistentes al calor

Fuente: Introducción a la metalurgia física 2ª edición, 1979.

### 1.3.3.1.1 Aceros inoxidables austeníticos

Los aceros inoxidables austeníticos son los aceros mayor uso y tienen una microestructura netamente austenítica a temperatura atmosférica, permitiéndole tener una mayor ductilidad, y resistencia a una gran variedad de temperaturas, de servicio, propiedades no magnéticas y buen soldeo, lo que resulta una ventaja para variedades aplicaciones. La variedad de trabajos en acero inoxidable austenítico son aparatos domésticos, contenedores, buques y tuberías industriales, de arquitectura, fachadas y estructuras. Contiene de 14 a 27% de cromo y en general de 6 a 26% de níquel, según del grado específico pueden tener nitrógeno, titanio niobio y molibdeno. El contenido de carbono por lo general es menor de 0.15%. Estos son los aceros inoxidables el cromo-níquel (tipo 3XX) y al cromo-níquel-manganeso. (Askeland, Fulay y Wright, 2012, p.521)

### 1.3.3.1.2 El acero inoxidable 304

Es el acero inoxidable más requerido por las industrias debida a la magnífica propiedad de este tipo de metal como la resistencia a la corrosión y el bajo costo a comparación los otros tipos de acero inoxidable, el porcentaje de cromo en este tipo de acero va desde 16% a 24%. Es usado ampliamente en la industria alimentaria y la industria química. (Avner, 1988, p360).

En la Tabla 1.7, 1.8 y 1.9 se muestran la composición química y las propiedades del acero inoxidable austenítico AISI 304 respectivamente.

Tabla 7. Propiedades químicas del Acero AISI 304

Grado (Max.)	PORCENTAJE %						
	C	Cr	Ni	Si	Mn	S	P
AISI 304	0.08	18-20	8-12	1	2	0.03	0.04

Fuente: ASTM 2016.

Tabla 8. Propiedades físicas del acero AISI 304.

GRADO	PROPIEDADES FISICAS	
	Densidad ( $g/cm^3$ )	Densidad ( $lb/in^3$ )
AISI 304	7.8	0.28

Fuente: ASTM. 2016

Tabla 9. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.

PROPIEDADES MECANICAS					
GRADO	Resistencia a la Tracción (MPa)	Elongación (%)	Límite de Fluencia (Mpa)	Dureza Brinell	Propiedades para trabajo en Frío
AISI 304	460-700	<60	206	160-190	Muy Buena

Fuente: ASTM. 2016.

### 1.3.3.1.3 Aceros inoxidables Ferríticos

El acero inoxidable Ferrítico, como todo acero inoxidable es una aleación de hierro más cromo, tiene un mayor porcentaje de cromo de va de 12 a 30% ofrece una mejoras en resistencia a la corrosión esa relación varía de acuerdo a la cantidad de porcentaje de cromo que se aumenta. Como desventaja es la poca soldabilidad que presenta este tipo de acero y no son factibles al tratamiento térmico. Una ventaja de estos acero es que se pueden trabajar al frio siendo ampliamente utilizados como herramientas en las industrias de alimentación, en las industrias químicas y en recipientes que trabajan con presión, también es usado en para tubos en condensadores de agua salada. . (Instituto Mexicano Del Transporte, 2014, p.8)

### 1.3.3.1.4 Aceros inoxidables Martensíticos

Los aceros martensíticos contienen de 11.5 a 18% de cromo y se diferencian de los ferríticos por que contiene mayor porcentaje de carbono entre 0.12 a 1.2%. Los aceros inoxidables martensíticos poseen buena tenacidad, mayor resistencia a la corrosión atmosférica, a los agentes químicos, pueden trabajarse en frio como en caliente, la soldabilidad de este tipo de acero inoxidable es baja. Los tipos más comerciales son: 403, 410, 416, 420 y 440.

Las utilizations del acero inoxidable martensítico se encuentran en accesorios de alimentos y quirúrgicos, láminas de turbinas y otros. (Instituto Mexicano Del Transporte, 2014, p.8)

### **1.3.3.1.5 Aceros dúplex**

Los aceros dúplex vienen a hacer las aleaciones de aceros inoxidable ferrítico-austeníticos, pero el término más utilizado es el de Duplex, son utilizados en las industrias petroquímicas, papeleras y en las industrias de construcciones navales por su mayor ductilidad y resistencia. (International Molybdenum Association, 2012, p.4)

#### **1.3.3.1.2.7 Endurecidos por precipitación o Precipitation Hardening (PH)**

Los aceros inoxidable endurecidos por precipitación son aleaciones hierro-cromo-níquel se caracterizan porque obtienen mayor resistencia mecánica a través del endurecimiento del tratamiento térmico. (Morela, 1989, p.30)

### **1.3.4 Normas**

En este trabajo de investigación será trabajado con los criterios básicos de evaluación según las norma ASME IX 2017 que están dirigidos al control de calidad de la soldadura y el acabado superficial en accesorios y tuberías de los aceros inoxidable orientados al control de calidad (soldadura y acabado superficial) de tuberías y accesorios en acero inoxidable

### **1.3.5 Ensayos Destructivos y No Destructivos**

#### **1.3.5.1 Ensayos Destructivos**

Como su nombre lo indican estos ensayos que se realiza destruye a la pieza o alguna parte de la pieza para poder determinar la característica mecánica de la pieza a ensayar en condiciones de deformación y esfuerzo. Son usados también para la calificación de los procesos de soldadura, determinado así las propiedades metalúrgicas y mecánicas de la pieza que realizo la soldadura. (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011, pg. 1)

##### **1.3.5.1.1 Ensayo de Tracción**

Este tipo de ensayo se realiza mediante una probeta que está normalizada, se le somete a esfuerzos axiales de tracción que va creciendo hasta que se produzca la rotura del material con la finalidad de medir la resistencia del material. En la figura 15 se muestra la maquina universal de tracción y sus principales partes. (Núñez, Roca., y Jorba., 2011, pg. 3)



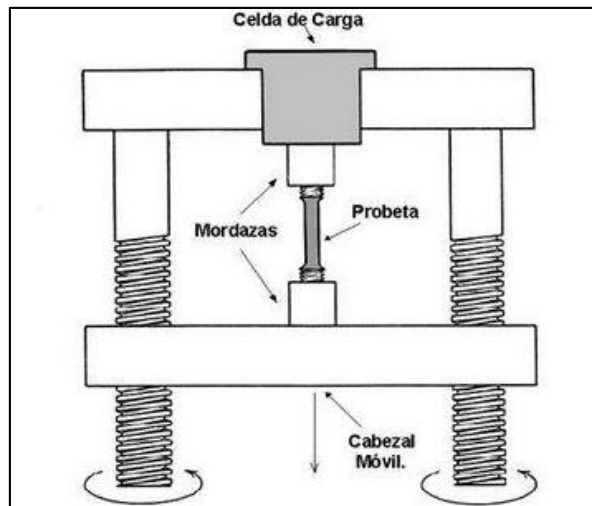


Figura 15. Máquina universal de tracción y sus principales partes

### 1.3.5.1.2 Ensayos mecánicos

#### a) Ensayos de Dureza

El ensayo de dureza es la técnica que consiste en poder medir la resistencia o dureza que presenta los materiales al ser penetrado por una pieza de otro material diferente. Con esta técnica calificar la resistencia de los cordones de la pieza soldada y determinar la presencia de heterogeneidades en el cordón. (Askeland, 210, pg. 174)

Los tipos de ensayo de dureza se muestran en la figura 16.

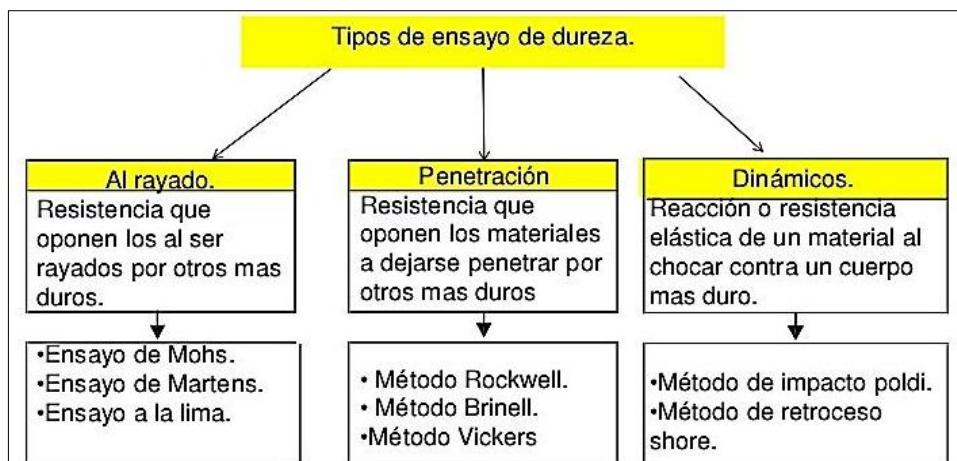


Figura 16. Tipos de ensayos de dureza.

### **1.3.5.1.3 Ensayo Metalográfico**

Esta técnica se realiza con un microscópico y determina la caracterización de los metales o las aleaciones, con el ensayo metalográfico se puede determinar los tipos de grano que presenta el metal para la inspección de su composición.. (Franco., y Madre., 1999, pg. 19)

### **1.3.5.2 - Ensayos No Destructivos**

Son técnica para inspeccionar y evaluar las piezas que fueron soldadas con el fin encontrar los defectos y discontinuidades en la soldadura sin destruir la pieza soldada, manteniendo sus dimensiones, propiedades mecánicas, físicas y químicas. (Ospina., Hernando., y Parra., 2011, pg. 198)

Los tipos de ensayos que más se utilizan son:

#### **1.3.5.2.1 Inspección Visual**

Es una técnica no destructiva que realiza durante todo el proceso de soldadura con la finalidad de garantizar una buena calidad de soldadura, esta evaluación permite encontrar discontinuidades que se ´presentan en los cordones que son abiertas y llegan a tener un profundidad menor a los 3mm y es perceptible al ojo humano. Entre las fallas se pueden notar son: falta de penetración grietas y socavaduras. (Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2002, pg.54)

#### **1.3.5.2.2 Radiografía Industrial**

Esta técnica consiste en evaluar las piezas que se soldaron para poder determinar discontinuidades externas e internas en la pieza como: grietas, poros, poca fusión en el material, gases internos que no se puede distinguir con la visión y que tampoco que pueda observar en las otras pruebas no destructivas. Esta técnica se utiliza frecuentemente para evaluar las piezas o elementos soldados ya que esta técnica permite la ubicación de fallas con más exactitud y mayor claridad si recurrir a otras técnicas no destructivas siendo beneficiosos en los costos. (Ospina., Hernando., y Parra., 2011, pg. 200)

### **1.3.5.2.3 Inspección por líquidos penetrantes**

Esta técnica consiste en colocar un líquido de color que penetra a toda la superficie o pieza soldada para poder detectar discontinuidades en la soldaduras generalmente que generalmente son grietas. (Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2002, pg. 9)

## **1.4 Formulación Del Problema.**

¿Cómo determinar el mejor procedimiento de soldadura entre los procesos GMAW y GTAW para mejorar la unión de tuberías de acero inoxidable austenítico AISI 304?

## **1.5 Justificación Del Estudio.**

En este trabajo se ha de realizar un estudio de la soldadura GMAW y GTAW en el acero autentico AISI 304, enfocando los problemas que presenta durante este proceso y su efecto en las propiedades mecánicas (fallas). De acuerdo a esto se observa desde el punto de vista metalúrgico, además de relacionar los efectos de la composición en la soldabilidad de los aceros inoxidable.

El proceso de soldadura GMAW y GTAW utiliza un gas inerte permitiendo obtener soldaduras limpias es decir que no produzca escorias al momento de soldar evitando la generación de residuos metálicos en la soldadura y la escasez de humos metálicos.

En este trabajo de investigación se justifica incrementar la rentabilidad económica a la empresa realizando un procedimiento de soldadura eficientemente para reducir las paradas imprevistas

Se espera lograr un aporte al desarrollo e investigación, fomentando la implementación de procedimientos de soldabilidad para estos aceros

## **1.6 Hipótesis**

El estudio comparativo de los procesos de soldadura GMAW y GTAW podrá determinar el mejor procedimiento de soldeo en tuberías acero inoxidable AISI 304 del sector alimenticio.

## **1.7 Objetivos**

Determinar el mejor procedimiento de soldadura para asegurar la calidad de la junta soldada en tuberías de acero inoxidable austeníticos AISI 304 del sector alimenticio

### **1.7.1 Objetivos Específicos**

- a) Elaborar la Especificación de Procedimiento de Soldadura EPS del acero inoxidable austenítico AISI 304 en los procesos GMAW y GTAW.
- b) Evaluar los procesos de soldadura GMAW y GTAW mediante el registro de calificación de procedimiento PQR.
- c) Comparar los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los procesos de soldadura GMAW y GTAW

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y Diseño de la investigación

#### 2.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación reúne las condiciones de una investigación tipo aplicada, cuantitativa, porque se van usar los conocimientos ingeniería mecánica y soldadura para elaborar y validar un procedimiento de soldadura.

#### 2.1.2 Diseño de la investigación

La presente investigación tiene un diseño experimental donde hay un alto grado de control de las variables y la selección de forma aleatoria de los sujetos de los grupos (experimental y control) participantes en la investigación.

Este diseño presenta la siguiente característica: Es un diseño que tiene un grupo experimental y otro de control, que incluye la selección aleatoria de los sujetos o las unidades de análisis a ambos grupos. Sin pero no sé, no se realiza medición previa de la variable dependiente a ningún grupo.

Esquema del diseño:

Grupo experimental: (R) X O<sub>1</sub>  
Grupo control: (R) ----- O<sub>2</sub>

Dónde:

R : asignación aleatoria de las unidades objeto de estudio a los grupos.

X : variable independiente (Procesos de soldadura GMAW Y GTAW)

O<sub>1</sub> : medición de la variable dependiente (Propiedades mecánicas Resistencia a la Tracción , Dureza y dobléz) en el grupo experimental.

O<sub>2</sub> : medición de la variación objeto de estudio en el grupo control.

#### 2.1.3 Variables, Operacionalización.

#### 2.1.4 Enunciado de variables

**Variable independiente:** Estudio comparativo de los procesos GMAW y GTAW

**Variable dependiente:** Tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304.

## 2.2 Operacionalización de la Variable

Tabla 10. Variables

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Estudio comparativo de los procesos GMAW y GTAW	Independiente	<b>Proceso GATW</b> Procedimiento de soldadura por arco bajo un gas de protección con un electrodo no consumible de tungsteno	Proceso manual de soldadura por arco eléctrico usando un gas argón como protector y electrodo de tungsteno y material de aporte a alambre de acero inoxidable.	Proceso de soldadura GTAW	Parámetros de soldadura	Nominal
					Diseño de junta	Nominal
		<b>Proceso GMAW</b> Proceso de soldadura producida por un arco eléctrico con protección de un gas inerte y con material de aporte. Hernández R. (2014)	Proceso manual, semiautomático y automático de soldadura por arco eléctrico que usa gas argón y alambre de acero inoxidable de forma continua.	Procesos de soldadura GMAW	Parámetros de soldadura	Nominal
					Diseño de junta	Nominal
Tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304.	Dependiente	Las propiedades mecánicas especifican los comportamientos de los materiales ante las fuerzas aplicadas sobre ellos mismos.	Las propiedades mecánicas se producen cuando un material resiste a la acción de una carga o fuerza que actúa sobre ella	Propiedades mecánicas	Tracción	Nominal
					Dobleza	Nominal
					Dureza	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Juntas soldadas del acero inoxidable austenítico AISI 304

### 2.3.2 Muestra

Probetas sacadas de la población según el código de soldadura ASME sección IX

Tabla 11. Numero de probetas para ensayos destructivos

Ensayos	Número de probetas	
	Junta ranura en V	
	MIG	TIG
Tracción	2	2
Dureza	2	2
Doblez	4	4
Total de probetas	8	8

Fuente: elaboración propia

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

### 2.4.1 Técnica

La técnica de recolección de datos a utilizar será el análisis documental, ya que consistirá en tener un registro con datos válidos y que sea confiable, para evaluar los resultados arrojados por los laboratorios de ensayos mecánicos y no destructivos (inspección Visual, Tintas penetrantes, etc.)

### 2.4.2 Instrumentos

El instrumento utilizado en esta investigación es la especificación de procedimiento de soldadura EPS y Registro de Calificación del procedimiento PQR según lo estipulado en el código de soldadura ASME sección IX.

### 2.4.3 Validez

Los instrumentos utilizados en esta investigación están validados por tres ingenieros colegiados y habilitados de la especialidad, mediante el certificado de validez que se muestra en el anexo de la presente tesis.

## 2.4.5 Confiabilidad

Los documentos de confiabilidad se realizaron de acuerdo lo estipulado en el código de soldadura ASME sección IX, junto a recopilación de datos de libros y manuales de los fabricantes.

## 2.5 Procedimiento.

En capítulo presenta el procedimiento experimental que se realizó para la fabricación de los cupones de soldadura y las probetas de ensayo, así como todos los pasos que prosiguieron para poder evaluar los procesos de soldadura GMAW y GTAW.

### 2.5.1 Características del Material Base

Para este trabajo se utilizó una tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304 de 3 ½ pulgadas de diámetro y 3 mm de espesor. Las características físicas, mecánicas, y su composición química se muestran en la tabla 2.1, 2.2 y 2.3 correspondientemente según la normativa ASTM.

Tabla 12. Propiedades químicas del Acero AISI 304

Grado (Max.)	PORCENTAJE %						
	C	Cr	Ni	Si	Mn	S	P
AISI 304	0.08	18-20	8-12	1	2	0.03	0.04

Fuente: ASTM 2016.

Tabla 13. Propiedades físicas del acero AISI 304.

GRADO	PROPIEDADES FISICAS	
	Densidad ( $g/cm^3$ )	Punto de fusión ( $C^\circ$ )
AISI 304	7.8	1400-1405

Fuente: ASTM. 2016

Tabla 14. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.

PROPIEDADES MECANICAS					
GRADO	Resistencia a la Tracción (MPa)	Elongación (%)	Límite de Fluencia (Mpa)	Dureza Brinell	Propiedades para trabajo en Frío
AISI 304	460-700	<60	206	160-190	Muy Buena

Fuente: ASTM. 2016.



## 2.5.2 Equipamiento de Soldadura

### 2.5.2.1 Máquina de Soldadura GMAW /GTAW

Para realizar los Procesos de soldadura se utilizó la máquina de soldar multiprocesos GMAW /GTAW POWER WAVE S350 de la marca LINCOLN como se muestra en la figura 17 y las especificaciones técnicas en la tabla 2.4 respectivamente.



Figura 17. Máquina de soldeo proceso POWER WAVE S350

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Especificaciones técnicas de la máquina de soldar Linconl Wave S350

ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA DE SOLDAR	
Numero de Producto	Linconl K2904-1 Power Wave S350
Procesos	GMAW/GTAW/FCAW
Voltaje de Entrada	1-3 ~ 230/380 ± 40% 50/60 Hz
Peso	85 lb (38,6kg)
Salida Nominal	5A / 10,5V – 350A / 31.5V
Ciclo de trabajo al 40%	350A / 31,5V
Ciclo de trabajo al 100%	300A / 24V
Tipo de corriente	Monofásica/Trifásica
Dimensiones (Largo-Ancho-Alto)	580 x 356 x 630mm

Fuente: Manual Técnico Linconl K2904-1

### 2.5.3. Consumibles de Soldadura

#### 2.5.3.1 Material de aporte Proceso GMAW

Los cupones de Acero inoxidable austenítico AISI 304 en el proceso GMAW se soldó utilizando el material de aporte Lincoln ER308LSI. Este tipo de alambre se asemeja a las propiedades químicas y mecánicas del material base a soldar y cumple con todos los requerimientos de las norma AWS. El alambre Lincoln ER308LSI se muestra en la figura 18.



Figura 18. Material de aporte Lincoln ER308LSI

Fuente: Manual de consumibles Lincoln

La composición química y propiedades mecánicas del material de aporte Lincoln ER308LSI se muestran en la tabla 2.5 y 2.6 respectivamente.

Tabla 16. Composición química material de aporte Lincoln ER308LSI.

Alambre	PORCENTAJE %						
	C	Cr	Ni	Si	Mn	S	P
AWS ER308LSI	0.03	19.9	10	0.88	2.1	0.01	0.02

Fuente: Catalogo de consumibles de soldadura Lincoln

Tabla 17. Composición mecánica del material de aporte Lincoln ER308LSI.

PROPIEDADES MECANICAS			
Alambre	Resistencia a la Tracción (MPa)	Elongación (%)	Límite de Fluencia (Mpa)
AWS ER308LSI	>550	42	>350

Fuente: Catalogo de consumibles de soldadura Lincoln

#### 2.5.3.2 Material de aporte Proceso GTAW

Para soldar las juntas de Acero inoxidable austenítico AISI 304 en el proceso GMAW se utilizó el material de aporte Lincoln ER308L. Este tipo de alambre se asemeja a las propiedades químicas y mecánicas del material base a soldar

cumpliendo con todos los requerimientos de las norma AWS. El alambre Lincoln ER308LN se muestra en la figura 19 y las propiedades químicas y físicas del material de aporte se encuentran en las tablas 2.7 y 2.8 respectivamente.



Figura 19. Material de aporte Lincoln ER308LSI

Fuente: Manual de consumibles Lincoln

Tabla 18. Composición química material de aporte Lincoln ER308L.

Aporte	PORCENTAJE %						
	C	Cr	Ni	Si	Mn	S	P
AWS ER308L	0.02	20.2	9.2	0.44	1.6	0.02	0.02

Fuente: Catalogo de consumibles de soldadura Lincoln.

Tabla 19. Propiedades mecánicas del material de aporte Lincoln ER308L.

PROPIEDADES MECANICAS			
Alambre	Resistencia a la Tracción (MPa)	Elongación (%)	Límite de Fluencia (Mpa)
AWS ER308L	>550	42	>320

Fuente: Catalogo de consumibles de soldadura Lincoln.

## 2.5.4 Ejecución de Uniones

### 2.5.4.1 Elaboración de las juntas

Para la elaboración de las juntas se seleccionó una tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304 de 3 ½ pulgadas de diámetro, 3000mm de longitud y 3 mm de espesor como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Tubería de acero inoxidable austenítico AISI 304

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.4.1 Tipo de junta

Se utilizó la junta de soldadura a tope por el espesor de la tubería de acero inoxidable que es de 3mm. El diseño que se utilizó se muestra en la figura 21, siendo el espesor  $t = 3\text{mm}$  y la apertura del tope  $A = 1\text{mm}$ .

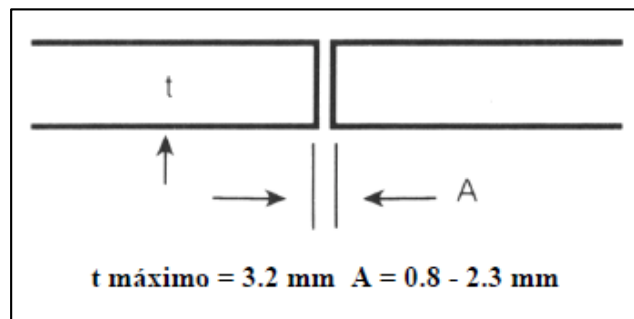


Figura 21. Junta a tope

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de los cupones de soldadura se cortó el tubo en la tronadora eléctrica en cuatro partes iguales, después se cilindro y refrentó en el torno convencional para dejarlo a una medida de 200 mm de longitud. Como se muestra en la figura 22 y 23.



Figura 22. Tronzado de tubería AISI 304

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Cilindrado y refrentado de tubería AISI 304

Fuente: Elaboración propia

## 2.5.5 Procedimiento de Soldadura

### 2.5.5.1 Sistema de purga

Para poder ejecutar los procesos de soldadura GMAW y GTAW en tuberías de acero inoxidable utilizadas en el sector alimenticio la Sociedad Americana de Soldadura recomienda utilizar un sistema de purgado con Gas de Argón para poder obtener una raíz de soldadura más limpia y sin imperfecciones en el interior del tubo. El diseño y la ejecución del sistema de purga se muestran en la figura 24 y 25 respectivamente.

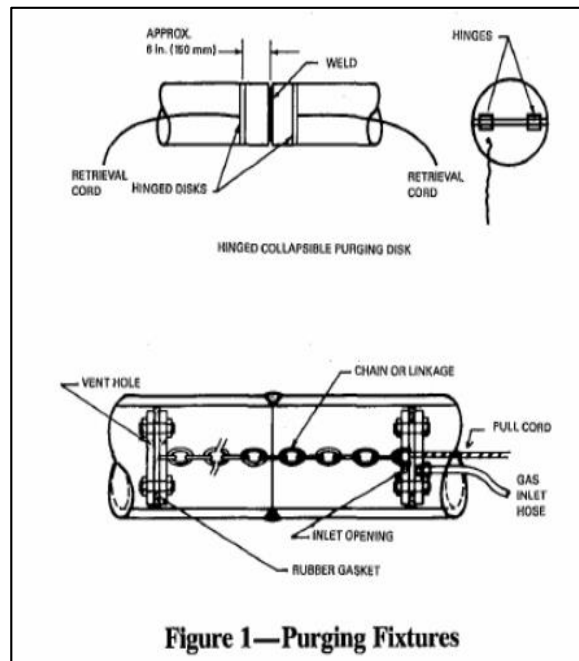


Figure 1—Purging Fixtures

Figura 24. Diseño del sistema de purga según AWS.

Fuente: Sociedad Americana de Soldadura



Figura 25. Ejecución del sistema de purga según AWS

Fuente: Elaboración propia

### **Cantidad de gas para el respaldo de los gases**

La AWS D10.11 especifica la cantidad de gas que se utiliza en el respaldo, que es de 6 veces el volumen que se quiere proteger. Para hallar el volumen se multiplica el área del tubo por su longitud.

#### Datos

$$\text{Diámetro} = 3 \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

$$\text{Longitud} = 24 \text{ pulg.}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3.1416 \times (1.75)^2$$

$$A = 9.62 \text{ pulg.}^2$$

$$V = A \times L$$

$$V = \pi r^2 \times L$$

$$V = 3.1416 \times (1.75)^2 \text{ pulg.} \times 24 \text{ pulg.}$$

$$V = 230.90 \text{ pulg.}^3$$

Para retirar los gases atmosféricos se debe inyectar 6 veces el volumen de la tubería.

$$V = 230.90 \text{ pulg.}^3$$

$$V = 230.90 \text{ pulg.}^3 \times 6$$

$$V = 1385.44 \text{ pulg.}^3$$

Luego se convirtió de pulgadas cúbicas a litros

$$1 \text{ L} = 61.0237 \text{ pulg.}^3$$

$$\text{Gas requerido} = 22.7 \text{ L}$$

Para tuberías de acero inoxidable el caudal utilizado comprende de 10 a 25 L/min. Para esta operación se utilizó 20 L/min.



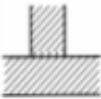


## 2.5.6 Selección de parámetros

### 2.5.6.1 Parámetros para el proceso GMAW

Para poder realizar una buena soldadura se debe de considerar todos los parámetros adecuadamente antes de su realización. En este trabajo de investigación, se utilizó los parámetros recomendados por German Hernández autor del libro manual de soldadura y los manuales del fabricantes. Los parámetros se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 20. Parámetros a utilizar en el proceso de soldadura GMAW.

Parámetros de soldadura en Aceros Inoxidables Proceso GMAW							
Diseño de junta	Espesor del material (mm)	Separación o abertura (mm)	Diámetro del alambre (mm)	Caudal de Gas (litros/min)	Amperaje (A)	Velocidad de soldadura (cm/min)	Voltaje (v)
	1	0	0.8	6.8	60/85	60/80	15/17
	2	0	0.8	6.8	90/115	80/100	14/18
	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7.9</b>	<b>100/130</b>	<b>80/100</b>	<b>16/18</b>
	4	1.5	1.2	6.8	120/150	90/130	20/24
	5	2	1.2	7.9	120/200	90/140	22/24
	5	0	1.2	6.8	120/190	60/90	20/24
	6	0	1.2	6.8	120/190	60/80	20/24
	8	1.5	1.2	7/10	150/230	50/90	20/26
	10	2	1.2	7/10	150/230	60/90	20/26
	2	0	0.6	8/10	90/120	70/100	16/18
	3	0	1	6/9	100/160	60/90	16/20
	4	0	1	8/10	110/190	50/90	20/26
	5	0	1.2	6/10	130/240	30/70	20/26
	6	0	1.2	6/12	130/300	30/70	20/26
	8	0	1.2	6/12	180/300	30/60	20/26

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016

El modo de transferencia que se utilizó en el proceso de soldadura GMAW se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 21. Modos de transferencia en el proceso GMAW

Modos de Tráferencia	Espesores
Cortocircuito	<5 mm
Spray	>5 mm

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016



### 2.5.6.2 Parámetros para el proceso GTAW

Parámetros utilizados del proceso GTAW según lo recomendado por el manual de soldadura de German Hernández.

Los parámetros utilizados en el proceso de soldadura GMAW se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Parámetros a utilizar en el proceso de soldadura GTAW

Espesor Metal base	Amperaje (A)	Diámetro del electrodo (mm)	Velocidad de soldadura (cm/min)	Diámetro del Metal de aporte
0.25	10-15	0.5	--	---
0.5	15-30	0.5	--	0.5
1	25-65	1.2	130	1.2
2	80-175	1.6	75	1.2
<b>3</b>	<b>120-220</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>3</b>
6	220-240	3	50	3
12.5	300-450	4.8	40	3 o 6
25	550-570	6.35	12	(sin)

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016

El tipo de gas a utilizar para la protección del arco para aceros inoxidable se muestra en la tabla 2.12.

Tabla 23. Tipo de gas a utilizar según el metal

Metal base	Gas
Argón	Aluminio y sus aleaciones
	Aceros al carbono
	<b>Acero inoxidable</b>
	Cobre y sus aleaciones en espesores < 3mm
Helio	Cobre y sus aleaciones en espesores > 3mm
Mezcla de argón y helio	Latón y sus aleaciones

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016

El tipo del electrodo, la corriente y la geometría del electrodo utilizados en el proceso de soldadura GMAW se muestra en la tabla 2.13.

Tabla 24. Tipo de electrodo, corriente y geometría a utilizar.

<b>Tipo de electrodo</b>	<b>Tipo de corriente</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Geometría del electrodo</b>
Volframio puro	c.a	Aluminio y magnesio	Redondeada
volframio con cerio o con lantano	c.c	Aceros al carbonó Aceros inoxidable, cobre, titanio	Afilado
Volframio con circonio	c.a	Aluminio y magnesio	Redondeada con c.a Redondeada con c.c

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016

El caudal de gas a utilizar y el diámetro de la boquilla según el espesor del material muestra en la tabla 2.14

Tabla 25. Caudal de gas y diámetro a utilizar según el espesor del material

<b>Espesor (mm)</b>	<b>Diámetro de Boquilla (mm)</b>	<b>Caudal del gas (litros/min)</b>
1	6	6
1 a 2	8-9	8-10
2 a 4	10-11	10-12
4 a 6	12-14	12-14

Fuente: Manual del soldador 26ª edición, 2016

Todos estos parámetros seleccionados de las tablas serán utilizadas para elaborar el formato de especificación de soldadura EPS, según lo establecido en la norma ASME sección IX.

### 2.5.6.3 Ejecución de los Procesos de soldadura

Para realizar los ensayos experimentales se elaboraron 2 cupones de soldadura para el proceso GMAW y para el proceso GTAW. Ambos cupones fueron soldados por el soldador 6G Edwin Torre Rojas de la empresa PRODERMET con los parámetros establecidos según el WPS y en los catálogos del fabricante. La figura 26 y 27 muestran las probetas soldadas y la tabla 26 los parámetros.



Figura 26. Ejecución de los procesos de soldadura



Figura 27. Cupones soldados con los procesos GMAW y GTAW

Tabla 26. Parámetros utilizados en el proceso GMAW y GTAW.

PARAMETROS DE SOLDAURA		
PARAMETROS	PROCESO GMAW	PROCESO GTAW
Corriente	DC	DC
Amperaje	100A	100A
voltaje	18V	automático
Polaridad	Directa	Directa
Electrodo/metal de aporte	LINCOLN ER308LSi	LINCOLN ER308L
Diámetro del electrodo	1mm	3mm
Velocidad de alimentación	6m/min.	-----
velocidad de soldadura	90cm/min	60cm/min
Gas De Protección	Ar + CO2	Ar

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.7 Determinación del número de ensayos

Se determinó el número de ensayos destructivos y no destructivos para la evaluación de las juntas soldadas según los códigos de soldadura ASME SECCION IX 2017, tal como se muestra en la tabla 20.

Tabla 27. Criterios para la aceptación de la soldadura y métodos de examen

Criterio (A - M) para tipos de soldadura y para condiciones de servicio [Nota (1)]										Imperfección de soldadura	Método de examen			
Servicio normal y de fluidos Categoría M			Condiciones cíclicas severas			Servicio de fluidos Categoría D					Visual	Radiografía	Partículas Magnéticas	Líquidos Penetrantes
Tipo de soldadura			Tipo de soldadura			Tipo de soldadura								
Sold. en ranura circunferenciales, mitradas y conexiones de derivaciones [Nota (2)]	Sold. de costura longitudinal [Nota (3)]	Sold. de filete [Nota (4)]	Sold. en ranura circunferenciales, mitradas y conexiones de derivaciones [Nota (2)]	Sold. de costura longitudinal [Nota (3)]	Sold. de filete [Nota (4)]	Sold. en ranura circunferenciales, mitradas	Sold. de costura longitudinal [Nota (3)]	Sold. de filete [Nota (4)]	Conexiones de derivaciones [Nota (2)]					
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Grieta	✓	✓	✓	✓
A	A	A	A	A	A	C	A	N/A	A	Falta de fusión	✓	✓	...	...
B	A	N/A	A	A	N/A	C	A	N/A	B	Penetración incompleta	✓	✓	...	...
E	E	N/A	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Porosidad interna	...	✓	...	...
G	G	N/A	F	F	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Inclusión interna de escoria, inclusión de tungsteno o indicación alargada	...	✓	...	...
H	A	H	A	A	A	1	A	H	H	Corte bajo	✓	✓	...	...
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Superficie porosa o inclusión de escoria expuesta [Nota (5)]	✓	...	...	...
N/A	N/A	N/A	J	J	J	N/A	N/A	N/A	N/A	Acabado superficial	✓	...	...	...
K	K	N/A	K	K	N/A	K	K	N/A	K	Superficie de raíz cóncava (socavado)	✓	✓	...	...
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	Refuerzo de soldadura o protuberancia interna	✓	...	...	...

NOTAS INFORMACION GENERALES:

(a) Imperfecciones de soldadura evaluadas por uno más tipos de métodos de examen disponibles, como se especifica en los párrafos 341.4.1, 341.4.2, 341.4.3 y M341.4, por el diseño de ingeniería.

Fuente: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. ASME sección IX 2017

Los ensayos que seleccionados son: Inspección visual y Líquidos penetrantes. Para determinar los ensayos destructivos de doblez y tracción se utilizó el código de soldadura ASME SECCION IX 2017, tal como se muestra en la figura 28.

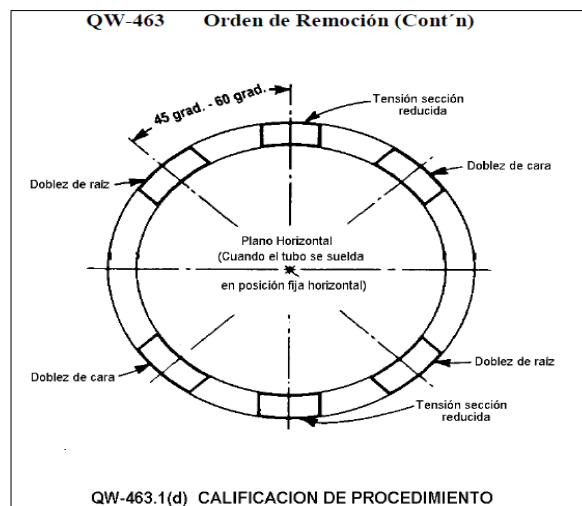


Figura 28. Números de ensayos destructivos de tensión y doblez según ASME.

Fuente: Código de soldadura ASME sección IX.

El código de soldadura ASME B31.3 2017 en el párrafo 341.5 indica que adicionalmente se puede realizar los ensayos suplementarios de pruebas de dureza y radiografía para poder calificar las juntas soldadas. Por lo que se estableció realizar el **Ensayo de dureza** como examen complementario.

Los ensayos no destructivos y destructivos determinados según el código de soldadura ASME SECCION IX 2017 y ASME B31.3 2017 con en número de probetas a utilizar se muestra a continuación en la tabla 2.16 y 2.17 respectivamente.

Tabla 28. Numero de ensayos destructivos y probetas requeridas.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS	NÚMERO DE PROBETAS	
	GMAW	GTAW
Ensayo de tracción	2	2
Ensayo dobles raíz	2	2
Ensayo doblez cara	2	2
Ensayo de dureza	2	2
Total de probetas	8	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Numero de ensayos No destructivos y probetas requeridas.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	NÚMERO DE PROBETAS	
	GMAW	GTAW
Inspección Visual	1	1
Líquidos Penetrantes	1	1

Fuente: Elaboración propia

## 2.5.7.1 Ensayos no destructivos para la evaluación de la soldadura

### 2.5.7.1.2 Inspección visual

Para realizar la inspección visual se utilizaron los instrumentos que se muestran en la tabla 2.18, Estos instrumentos sirven para poder observar fisuras y discontinuidades que puede presentar el cordón de soldadura, la ejecución del ensayo de la inspección visual se muestra en la tabla 2.19 y los criterios de aceptación se ejecutaron según el código de soldadura ASME.

Tabla 30. Instrumentos utilizados en la inspección visual

Instrumentos para la inspección visual		
		
Lupa para inspección visual		
		
<i>Galga Bridge Cam</i>	Galga tipo puente	Calibrador Vernier

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Inspección visual en los procesos GMAW y GTAW

Ejecución de inspección visual		
		
<i>Medición de altura de cordón</i>	Verificación de socavaduras	Medición de espesor de cordón

Fuente: Elaboración Propia

### 2.5.7.1.3 Inspección con Líquidos penetrantes

Para realizar la inspección de los dos procesos de soldadura GMAW y GTAW se utilizó los productos de la marca Americana Cantesco que cuenta con los requerimientos de la norma ASME sección XIII. En la figura 29 se muestra el kit de tintas penetrantes utilizadas.



Figura 29. Kit de Tintas Penetrantes de inspección visual.

Fuente: elaboración propia.

La ejecución de los ensayos por líquidos penetrantes en los procesos GMAW y GTAW fue realizado en el Instituto Superior Tecnológico Nueva Esperanza, con apoyo del Ingeniero Metalurgista Wilson Gómez Hurtado. La ejecución se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Ensayos por líquidos penetrantes GMAW y GATW.

Ejecución del ensayo		
		
Aplicación del limpiador	Aplicación del penetrante	Aplicación del revelador
		

Fuente: Elaboración Propia



### 2.5.8.1 Ensayo de tracción

El código de soldadura ASME IX indica los requerimientos de las medidas de las probetas para el ensayo de tracción. La tabla 33 indica el diseño de la probeta de tracción y las probetas empleadas para el proceso GMAW y GTAW.

Tabla 33. Probetas utilizadas para la evaluación del ensayo de tracción.

PROBETAS PARA EL ENSAYOS DE TRACCIÓN	
Diseño de probeta de traccion	Probetas para en ensayo de Traccion

Fuente: Elaboración Propia

Los ensayos destructivos de tracción de los procesos GMAW y GTAW, se ejecutaron en el laboratorio del Instituto Superior Tecnológico Nueva Esperanza, utilizando la maquina universal Service Physical de 10000 lbs de carga como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Ejecución de los ensayos de tracción procesos GMAW y GTAW

Ejecución de los ensayos de tracción		
Maquina universal de traccion	Montaje de las probetas de ensayo	Medicion de la deformacion del acero

Fuente: elaboración propia



### 2.5.8.2 Ensayo de Doblez

El código de soldadura ASME IX indica los requerimientos de las medidas de las probetas para el ensayo de doblez. La tabla 35 indica el diseño de la probeta de doblez y las probetas empleadas para el proceso GMAW y GTAW.

Tabla 35. Probetas utilizadas para la evaluación del ensayo de doblez.

PROBETAS PARA EL ENSAYOS DE DOBLEZ	
Diseño de probeta de doblez	Probetas para en ensayo de Doblez

Fuente: Elaboración Propia

Los ensayos de doblez de los procesos GMAW y GTAW, se ejecutaron en el laboratorio del Instituto Superior Tecnológico Nueva Esperanza, utilizando el dispositivo de doblado manual tal como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. Ejecución de los ensayos de doblez de los procesos GMAW y GTAW

Ejecución de los ensayos de tracción		
dispositivo de doblado manual	Probetas dobladas	Inpeccion de discontinuidades

Fuente: elaboración propia

### 2.5.8.3 Ensayo de Dureza




Según el código de soldadura ASME SECCIÓN IX el ensayo de dureza es un ensayo suplementario que se puede realizar para poder determinar la dureza del material en las probetas de los procesos de soldadura.

Los requisitos para poder realizar el ensayo de dureza según normativa son:

- Superficie pulida
- Superficie totalmente plana
- Superficie limpia y sin óxidos
- Superficie perpendicular al indentador (penetrador)

El ensayo de dureza se realizó en el laboratorio de metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo a cargo del Ingeniero Metalúrgico Luis Aguilar Rodríguez. Los ensayos fueron ejecutados en la maquina Dureza Vickers de marca Indentec, utilizando un cono de diamante para presionar la superficie del metal. La ejecución del ensayo de dureza se muestra en la tabla 37.

Tabla 37. Ejecución de los ensayos de dureza de los procesos GMAW y GTAW

Ejecución de los ensayos de dureza		
		
Máquina de dureza Vickers	Ejecucion de ensayo de dureza	Medicion de dureza

Fuente elaboración Propia

## 2.6 Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos del estudio comparativo de los procesos de soldadura GMAW y GTAW se muestra en figura 30.

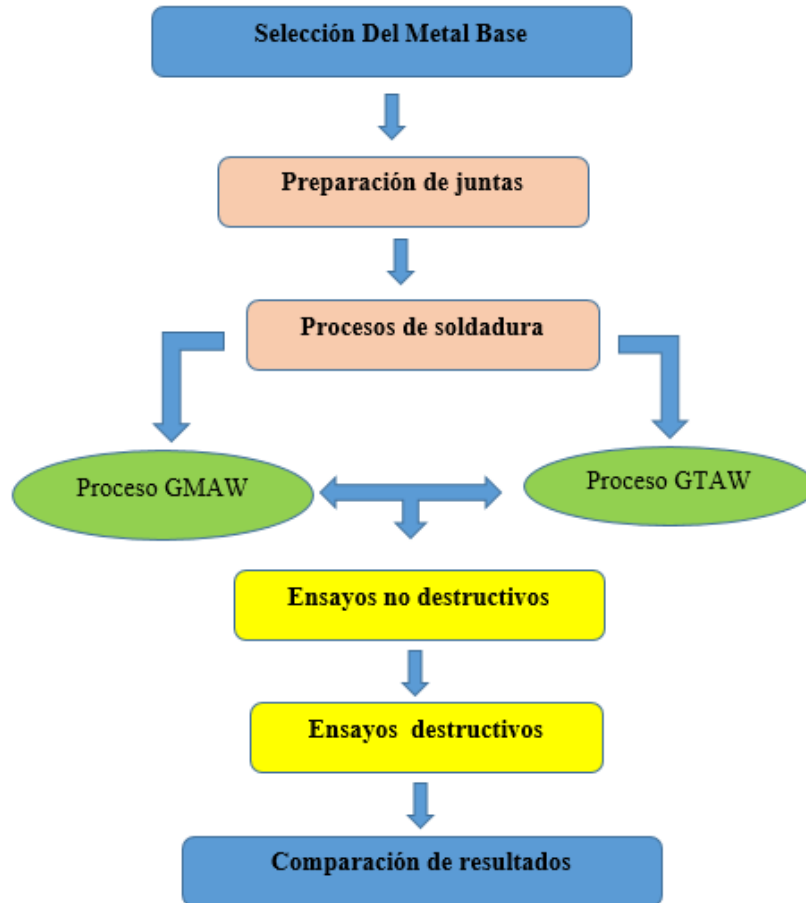


Figura 30. Diagrama de flujo para el método de análisis de datos.

Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.1 Análisis Descriptivo:

Los datos obtenidos en los resultados serán comparados con los requerimientos del código de soldadura ASME sección IX para su aceptación o rechazo.

## 2.7 Aspectos éticos

La presente investigación se realizó respetando la propiedad intelectual de los autores de los libros y trabajos de investigación consultados, así también toda esta información es veraz con la realidad de la institución.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Elaboración De La Especificación De Procedimiento De Soldadura.

La elaboración de la especificación del procedimiento de soldadura EPS se realizó de acuerdo lo sugerido al código de soldadura ASME sección IX, utilizando los parámetros seleccionados y mencionados en procedimiento de trabajo. En la tabla 38 se muestra los parámetros que se incluirán en el EPS.


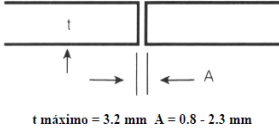
Tabla 38. Parámetros de la especificación de procedimiento de soldadura.

<b>Selección De La Especificación De Procedimiento De Soldadura</b>	
<b>Proceso</b>	GMAW / GTAW
<b>Tipo De Unión</b>	A tope
<b>Posición De Soldadura</b>	6G 45°
<b>Diámetro</b>	3 ½ pulgadas
<b>Espesor</b>	3 mm
<b>Criterio De Aceptación</b>	ASME sección IX
<b>Metal De Aporte</b>	ER308LSi / ER308L

Fuente: elaboración propia


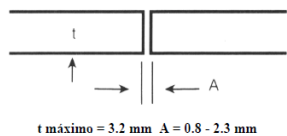
El formato de Especificación de Procedimiento de Soldadura de los procesos de soldadura GMAW y GTAW según el código de soldadura ASME sección IX se muestra a continuación en la tabla 39 y 40 respectivamente.

Tabla 39. Formato WPS del proceso de soldadura GMAW

	<b>ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>  <b>SEGÚN ASME SECCIÓN IX</b>				N° WPS: 001				
					Rev.:				
					Fecha:	10/05/2019			
NOMBRE DE LA EMPRESA:	Prodermet S.R.Ltda		N° DE EPS:	001					
PROCESO DE SOLDAURA:	GMAW		CODIGO APLICABLE:	ASME					
TIPO :	Manual <input checked="" type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Semiautomático <input type="checkbox"/>		AUTORIZADO POR:	Alberco Medina Andrés					
SOLDADOR:	Edwin Torre Rojas		FECHA:	13/05/2019					
<b>DISEÑO DE UNIÓN</b>			<b>POSICIÓN</b>						
TIPO DE UNION	a Tope		RANURA	6G					
TIPO DE SOLDAURA	Ranura en V	SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/>	FILETE	-----					
ABERTURA DE RAIZ	1mm		PLANCHA	TUBERIA <input checked="" type="checkbox"/>					
ANGULO DE RANURA	20°		<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS</b>						
SOPORTE	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		MODO DE TRASFERENCIA	Cortocircuito <input checked="" type="checkbox"/>					
LIMPIEZA DE RAIZ	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	METODO		Spray <input type="checkbox"/>					
<b>METAL BASE</b>			TIPO DE CORRIENTE AC <input type="checkbox"/> DC <input checked="" type="checkbox"/>						
GRUPO:	Inoxidable								
ESPECIFICACIÓN DEL ACERO:	Austenítico AISI 304								
GRADO:	304								
ESPESOR:	3mm								
DIAMETRO:	3 1/2 pulg.								
<b>METAL DE APORTE</b>			<b>TEMPERATURA DE PRE- CALENTAMIENTO</b>						
ESPECIFICACION AWS	LINCOLN ER308LSi		Tem. Pre - Calentamiento: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
CLASIFICACION AWS	AWS A5.9								
MARCA	LINCOLN		Tiempo: -----						
TAMAÑO DEL ELECTRODO	1mm								
<b>GAS DE PROTECCIÓN</b>			<b>DETALLES DE JUNTA</b>						
GAS:	Gas de Protección EN 439-I3								
COMPOSICIÓN:	Ar + CO2								
VELOCIDAD DE FLUJO:	12 l / min								
TAMAÑO DE LA VOQUILLA:	15mm								
<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>									
PASE	PROCESO	POSICIÓN	METALES DE APORTE		CORRIENTE			VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN	VELOCIDAD DE AVANCE
			CLASE	DIAMETRO	TIPO	AMPERAJE	VOLTAJE		
1	GMAW	6G	LINCOLN ER308LSi	1 mm	DC	100A	18V	6m/min	90cm/min

Fuente: Elaboración Propia


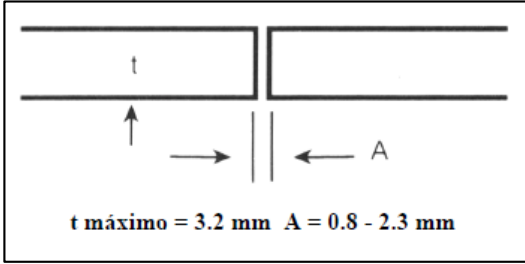
Tabla 40. El formato WPS del proceso de soldadura GTAW

	<b>ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b> <b>SEGÚN ASME SECCION IX</b>				N° WPS: 002		
					Rev.:		
					Fecha:	10/05/2019	
NOMBRE DE LA EMPRESA:	Prodermet S.R.Ltda		N° DE EPS:	002			
PROCESO DE SOLDAURA:	GTAW		CODIGO APLICABLE:	ASME			
TIPO :	Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Automático <input type="checkbox"/>	Semiautomático <input type="checkbox"/>	AUTORIZADO POR:	Alberco Medina Andrés		
SOLDADOR:	Edwin Torre Rojas		FECHA:	13/05/2019			
<b>DISEÑO DE UNIÓN</b>				<b>POSICIÓN</b>			
TIPO DE UNION	a Tope			RANURA	6G		
TIPO DE SOLDAURA	Ranura en V	SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/>	DOBLE <input type="checkbox"/>	FILETE	-----		
ABERTURA DE RAIZ	1mm			PLANCHA	TUBERIA <input checked="" type="checkbox"/>		
ANGULO DE RANURA	20°			<b>ELÉCTRICAS CARACTERÍSTICAS</b>			
SOPORTE	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			ACABADO DEL ELECTRODO	Afilado <input checked="" type="checkbox"/>		
LIMPIEZA DE RAIZ	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	METODO		-----		
<b>METAL BASE</b>					Redondeado <input type="checkbox"/>		
GRUPO:	Inoxidable			ANGULO DEL ELECTRODO	60°		
ESPECIFICACION DEL ACERO:	Austenítico AISI 304			TIPO DE CORRIENTE	AC <input type="checkbox"/>		
GRADO:	304				DC <input checked="" type="checkbox"/>		
ESPESOR:	3mm						
DIAMETRO:	3 1/2 pulg.			<b>TEMPERATURA DE PRE- CALENTAMIENTO</b>			
<b>METAL DE APORTE</b>							
ESPECIFICACIÓN AWS	LINCOLN ER308			Tem. Pre - Calentamiento:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	
CLASIFICACION AWS	AWS A5.9			Tiempo:	-----		
MARCA	LINCOLN			TAMAÑO DEL ELECTRODO	3mm		
<b>GAS DE PROTECCIÓN</b>				<b>DETALLES DE JUNTA</b>			
GAS:	Gas de Protección EN 439-I3						
COMPOSICION:	Ar + CO2						
VELOCIDAD DE FLUJO:	12 l / min						
TAMAÑO DE LA VOQUILLA:	10mm						
<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>							
PASE	PROCESO	POSICIÓN	METALES DE APORTE		CORRIENTE		VELOCIDAD DE AVANCE
			CLASE	DIAMETRO	TIPO	AMPERAJE	
1	GTAW	6G	LINCOLN ER308LSi	3 mm	DC	100A	60cm/min

Fuente: Elaboración Propia


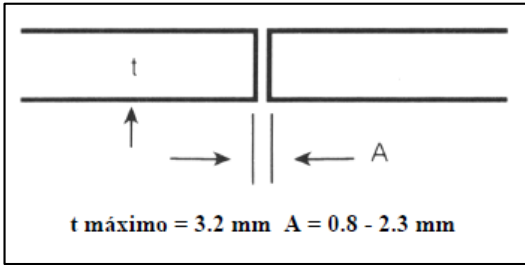
Cada especificación de procedimiento de soldadura (EPS) tiene un PQR (calificación del procedimiento de soldadura) de respaldo en donde indicas todos los ensayos que se van a realizar. Los PQR de los procesos GMAW y GTAW se muestran en la tabla 41 y 42 respectivamente.

Tabla 41. Calificación del procedimiento de soldadura proceso GMAW

		CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PQR				
		ENSAYO N° 001	SOLDADOR Edwin Torre Rojas	FECHA 16/05/19	PQR N° 001	
Empresa del soldador		Prodermet				
Nombre del proyecto		Tesis				
EPS N°		001				
Proceso de Soldadura		GMAW				
Tipo (manual, automático, semi-automático)		Manual				
<b>METAL BASE</b>		Junta Junta a Tope 				
Metal	Acero inoxidable					
Tipo	Austenítico					
Grado	AISI 304					
Diámetro	3 ½ pulgadas					
Espesor	3mm					
<b>METAL DE APORTE</b>						
Especificación	ER308LSi					
Tamaño del electrodo	0.8 mm					
<b>GAS DE PROTECCION</b>						
Composición:	Ar + CO2					
<b>PRUEBAS A REALIZAR</b>						
Ensayo de tracción						
Muestra N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área	Carga máxima de tensión	Máximo esfuerzo de la unidad	Tipo de falla
Ensayo de doblez						
Muestra N°	Tipo de doblado	Resultado	Observaciones			
<b>OTROS ENSAYOS</b>						
Ensayo de inspección visual						
Ensayo de líquidos penetrantes						
<b>ENSAYO COMPLEMENTARIO</b>						
Ensayo de dureza						

Fuente: código de soldadura ASME sección IX

Tabla 42. Calificación del procedimiento de soldadura proceso GTAW

		<b>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PQR</b>				
		<b>ENSAYO N°</b> 001	<b>SOLDADOR</b> Edwin Torre Rojas	<b>FECHA</b> 16/05/19	<b>PQR N°</b> 002	
Empresa del soldador		Prodermet				
Nombre del proyecto		Tesis				
EPS N°		001				
Proceso de Soldadura		GTAW				
Tipo (manual, automático, semi-automático)		Manual				
<b>METAL BASE</b>		Junta Junta a Tope 				
Metal	Acero inoxidable					
Tipo	Austenítico					
Grado	AISI 304					
Diámetro	3 ½ pulgadas					
Espesor	3mm					
<b>METAL DE APORTE</b>						
Especificación	ER308LSi					
Tamaño del electrodo	0.8 mm					
<b>GAS DE PROTECCION</b>						
Composición:	Ar + CO2					
<b>PRUEBAS A REALIZAR</b>						
<b>Ensayo de tracción</b>						
Muestra N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área	Carga máxima de tensión	Máximo esfuerzo de la unidad	Tipo de falla
<b>Ensayo de doblez</b>						
Muestra N°	Tipo de doblado	Resultado	Observaciones			
<b>OTROS ENSAYOS</b>						
Ensayo de inspección visual						
Ensayo de líquidos penetrantes						
<b>ENSAYO COMPLEMENTARIO</b>						
Ensayo de dureza						

Fuente: código de soldadura ASME sección IX



### 3.2 Ejecución los procesos de soldadura GMAW y GATW.

Se realizó con un soldador calificado y homologado según los parámetros indicados en la especificación de procedimiento de soldadura (EPS) y la recomendación de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) de utilizar un sistema de purga con gas inerte como se muestra en la figuras 31, 32, 33 y 34.

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA		N° WPS: 001					
		SEGÚN AWS D1.1/D1.1M:2015		Rev.:	10/05/2019				
EMPRESA: Prodermet S.R.Ltda		N° DE EPS: 001		Fecha:					
PROCESO DE SOLDADURA:	GMAW	CODIGO APLICABLE:	ASME						
TIPO:	Manual <input checked="" type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Semiautomático <input type="checkbox"/>	AUTORIZADO POR:	Alberco Medina Andrés						
SOLDADOR:	Edwin Torre Rojas	FECHA:	13/05/2019						
DISEÑO DE UNION			POSICION						
TIPO DE UNION	a Tope	RANURA	6G						
TIPO DE SOLDADURA	Ranura en V <input checked="" type="checkbox"/> SIMPLE <input type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/>	FILETE	-----						
ABERTURA DE RAIZ	1mm	PLANCHA	TUBERIA <input checked="" type="checkbox"/>						
ANGULO DE RANURA	20°	CARACTERISTICAS ELECTRICAS							
SOPORTE	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	MODO DE TRASFERENCIA		Cortocircuito <input checked="" type="checkbox"/> Global <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/>					
LIMPIEZA DE RAIZ	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> METODO -----	TIPO DE CORRIENTE		AC <input type="checkbox"/> DC PD <input checked="" type="checkbox"/> DC PI <input type="checkbox"/>					
METAL BASE		TEMPERATURA DE PRE-CALENTAMIENTO							
GRUPO:	Inoxidable								
ESPECIFICACION DEL ACERO:	Austenítico AISI 304								
GRADO:	304								
ESPESOR:	3mm								
DIAMETRO:	3 1/2 pulg.								
ESPECIFICACION AWS	LINCOLN ER308LSi	Tem. Pre - Calentamiento:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
CLASIFICACION AWS	AWS A5.9	Tiempo:	-----						
MARCA	LINCOLN								
TAMANO DEL ELECTRODO	0.8mm								
GAS DE PROTECCION		DETALLES DE JUNTA							
GAS:	Gas de Protección EN 439-13								
COMPOSICION:	Ar - CO2								
VELOCIDAD DE FLUJO:	15 l / min								
TAMANO DE LA VOQUILLA:	15mm								
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
FASE	PROCESO	POSICION	METALES DE APORTE		CORRIENTE		VELOCIDAD DE ALIMENTACION	VELOCIDAD DE AVANCE	
			CLASE	DIAMETRO	TIPO	AMPERAJE			VOLTAJE
1	GMAW	6G	LINCOLN ER308LSi	0.8mm	DC-PD	100A	18V	6m/min	90cm/min

Figura 31. WPS de Soldadura

Fuente: Elaboración Propia

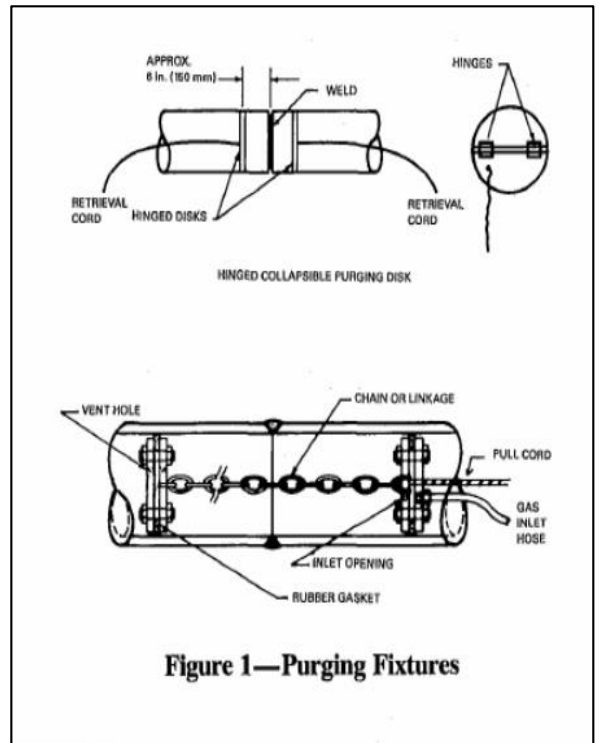


Figura 32. Sistema de gas de respaldo

Fuente: AWS



Figura 33. Ejecución gas del respaldo

Fuente: Elaboración Propia



Figura 34. Ejecución de los procesos

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Resultados de los ensayos de Inspección Visual

Tabla 43. Informe de inspección visual

	<b>INFORME DE INSPECCION VISUAL</b>		Informe:	001
			Fecha:	14/05/2019
			Cliente:	Alberco Medina A.
PROYECTO	Tesis			
TIPO DE ENSAYO	Ensayo de inspección visual			
NORMA APLICADA	ASME BPCV sección VIII			
PROBETAS	JSM-01 (GMAW) y JST-02 (GTAW)			
MATERIAL	Acero inoxidable austenítico AISI 304			
ESPESOR	3mm			
<b>CRITERIO DE ACEPTACIÓN</b>				
<b>Discontinuidades</b>		<b>Criterio</b>		
Fisuras		No aceptable		
Fusión incompleta		No aceptable		
Penetración incompleta		No aceptable		
Porosidad		No aceptable		
Inclusiones de escoria		No aceptable		
Refuerzo de soldadura		Hasta 3 mm		
Mordeduras		10% del espesor material base		
Desalineamiento		Hasta 1.5 mm		
<b>RESULTADOS</b>				
<b>Discontinuidad</b>	<b>Proceso GMAW</b>		<b>Proceso GTAW</b>	
Fisuras	No presenta		No presenta	
Fusión incompleta	No presenta		No presenta	
Penetración incompleta	No presenta		No presenta	
Porosidad	No presenta		No presenta	
Inclusiones de escoria	No presenta		No presenta	
Refuerzo de soldadura	No presenta		No presenta	
Mordeduras	No presenta		No presenta	
Desalineamiento	No presenta		No presenta	
<b>OBSERVACIONES</b>				
<p>Las probetas JSM-01 y JST-02 de los procesos GMAW y GTAW no presentan discontinuidades y son aceptables según la norma ASME BPCV sección VIII</p>				

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 Resultados del ensayo por líquidos penetrantes.


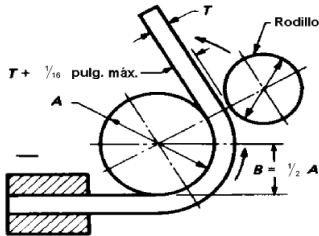

Tabla 44. Informe de líquidos penetrantes

	<b>INFORME DE LÍQUIDOS PENETRANTES</b>				Informe	002
					Fecha	14/05/19
					Cliente	Andrés Alberco
<b>LOCALIZACION:</b>	Taller de Soldadura	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>	Extraordinario			
<b>FECHA :</b>	15-May-19	<b>N° REPORTE</b>	002			
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			<b>DESIGNACIÓN DE MATERIALES</b>			
PROCESO DE SOLDADURA	GMAW/GTAW	TIPO DE LIQUIDO	Penetrante	Removedor	Revelador	
ELEMENTO EVALUADO	Junta Soldada	MARCA	Cantesco	Cantesco	Cantesco	
NORMA DE EVALUACION	ASME sección V	CODIGO	P101S-A	C101-A	D101-A	
RANGO DE ESPESORES	3mm	TIEMPO	10 MIN	5 MIN	10 MIN	
<b>ZONA INSPECCIONADA:</b> Unión Soldada			<b>TIPO:</b> II	<b>METODO :</b> C		
<b>TIPO DE MATERIAL:</b> Acero Inoxidable Austenítico AISI 304			<b>ILUMINACION:</b> LUZ NATURAL			
<b>RESULTADOS</b>						
<b>PROCESO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>POROSIDADES</b>	<b>FISURAS ≤ 1mm</b>	<b>FISURAS ≥ 1mm</b>	<b>ACEPTACIÓN / RECHAZO</b>	
GMAW	JSM-01	No Presenta	No Presenta	No Presenta	Aceptada	
GTAW	JST-02	No Presenta	No Presenta	No Presenta	Aceptada	
<b>Evidencias Fotográficas</b>						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<p>No se detectaron discontinuidades en las probetas JSM-01 y JST-02 de los procesos GMAW y GTAW según lo establecido en la norma ASME sección V.</p>						

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5 Resultado del ensayo de doblé

Tabla 45. Informe de ensayo de doblé

	<b>INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ SEGÚN CODIGO ASME IX</b>		Informe	001		
			Fecha:	15/05/2019		
<b>INFORME DE ENSAYO</b>						
<b>1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO</b>						
Según el código de soldadura ASME SECCION IX						
<b>2. DISPOSITIVO UTILIZADO</b>						
Dispositivo para prueba de doblé manual según CODIGO ASME SECCION IX 2017. Como se muestra en la siguiente figura.						
						
<b>3. CRITERIO DE ACEPTACION</b>						
Para ser aceptada la probeta no debe presentar discontinuidades en la zona doblada.						
<b>4. EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS</b>						
						
<b>5. RESULTADOS</b>						
A	Probeta	Espesor	Tipo de doblé	Angulo de doblado	Observaciones	Condición
Proceso GMAW	PCM-01	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PCM-02	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRM-01	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRM-02	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
Proceso GTAW	PCT-01	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PCT-02	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRT-01	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRT-02	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
<b>OBSERVACIONES</b>						
No se encontró ninguna discontinuidad en las probetas de los procesos de soldadura GMAW y GTAW						

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 Resultados del ensayo de tracción

Realización de los ensayos destructivos de tracción en laboratorio del Instituto Superior Tecnológico Nueva Esperanza con la maquina universal Service Physical de 10000 lbs de carga como se muestra en la figura 35 y 36.



Figura 35. Montaje de las probetas de ensayo en la maquina universal de tracción.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 36. Toma de medidas y resultados en la maquina universal de tracción

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3.1 Resultados del ensayo de tracción proceso GMAW

Los resultados del ensayo tracción de la probeta PBTM-01 se elaboraron en una tabla indicando la carga, el alargamiento, la deformación y el esfuerzo todos estos datos se obtuvieron en la maquina universal de tracción.

Tabla 46. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTM-01

PBM-01 PROCESO GMAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	86.00	0.00	0.00
1962.00	86.60	0.01	65.40
4905.00	87.40	0.02	163.50
8829.00	89.00	0.03	294.30
10594.80	92.00	0.07	353.16
11968.20	97.40	0.13	398.94
13243.50	102.60	0.19	441.45
13734.00	106.60	0.24	457.80
14616.90	146.50	0.70	487.23

Fuente: elaboración propia

Después de haber obtenido los resultados y de haber elaborado la tabla de datos de la probeta PB- 01, se realizó en Excel la curva de esfuerzo – deformación de la probeta soldada proceso GMAW como se muestra en la figura 37.

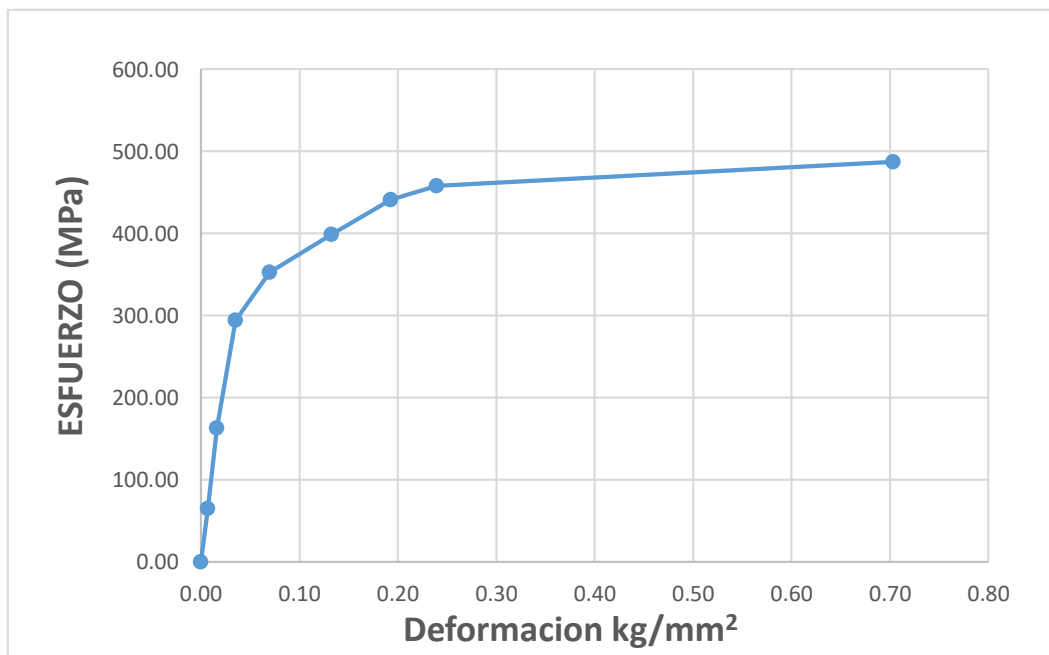


Figura 37. Curva esfuerzo – deformación probeta PBTM-01

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo tracción de la probeta PBTM-02 se elaboraron en una tabla indicando la carga, el alargamiento, la deformación y el esfuerzo todos estos datos se obtuvieron en la maquina universal de tracción.

Tabla 47. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTM-02.

PBM-02 PROCESO GMAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	80.00	0.00	0.00
1962.00	80.70	0.01	65.40
4905.00	81.30	0.02	163.50
6867.00	81.90	0.02	228.90
9417.60	83.60	0.04	313.92
10791.00	88.90	0.11	359.70
12262.50	96.20	0.20	408.75
13145.40	107.10	0.34	438.18
14420.70	146.50	0.83	483.96

Fuente: elaboración propia

Después de haber obtenido los resultados y de haber elaborado la tabla de datos de la probeta PB- 02, se realizó en Excel la curva de esfuerzo – deformación de la probeta soldada PB- 02 proceso GMAW como se muestra en la figura 38.

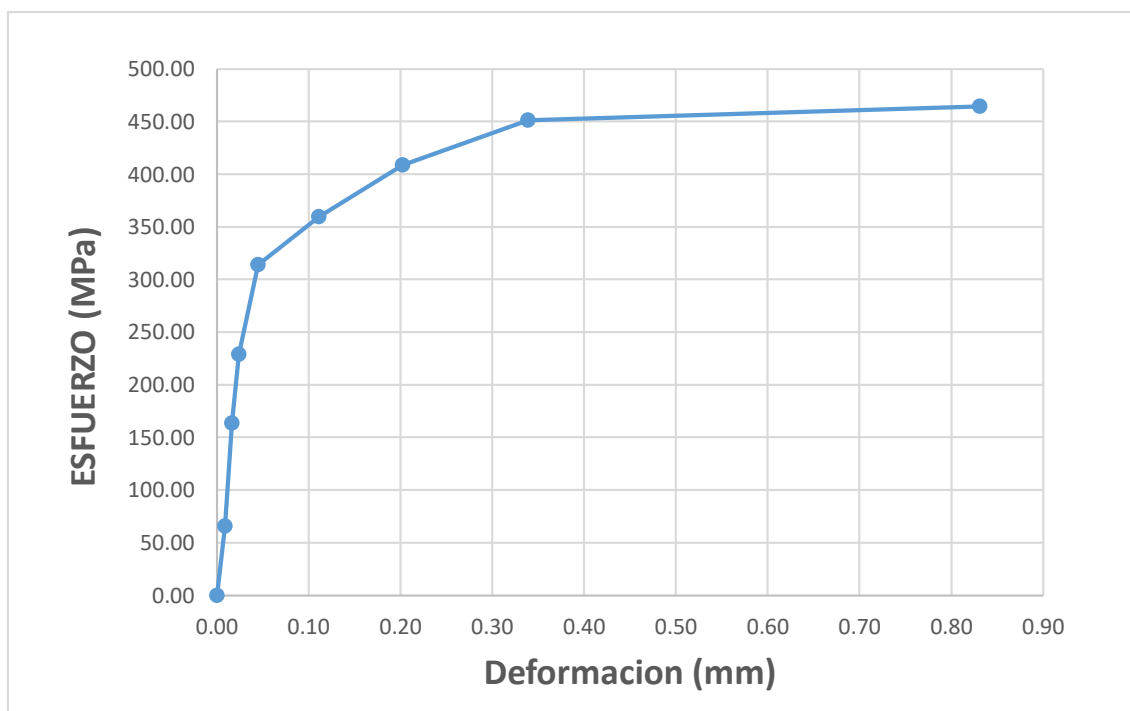


Figura 38. Curva esfuerzo – deformación probeta PBTM-01

Fuente: Elaboración Propia



### 3.2.3.2 Resultados del ensayo de tracción proceso GTAW

Los resultados del ensayo tracción de la probeta PBTT-01 se elaboraron en una tabla indicando la carga, el alargamiento, la deformación y el esfuerzo todos estos datos se obtuvieron en la maquina universal de tracción.

Tabla 48. Resultados del ensayo de tracción de la probeta PBTT-01

PBT-01 PROCESO GTAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	80.00	0.000	0.00
1962.00	80.10	0.000	65.40
4905.00	80.70	0.010	163.50
6867.00	81.30	0.020	228.90
9221.40	83.70	0.050	307.38
9810.00	87.00	0.090	327.00
12262.50	96.20	0.200	408.75
12753.00	100.00	0.250	425.10
13930.20	146.00	0.830	464.34

Fuente: elaboración propia

Después de haber obtenido los resultados y de haber elaborado la tabla de datos de la probeta PBT- 01, se realizó en Excel la curva de esfuerzo – deformación de la probeta soldada proceso GTAW como se muestra en la figura 39.

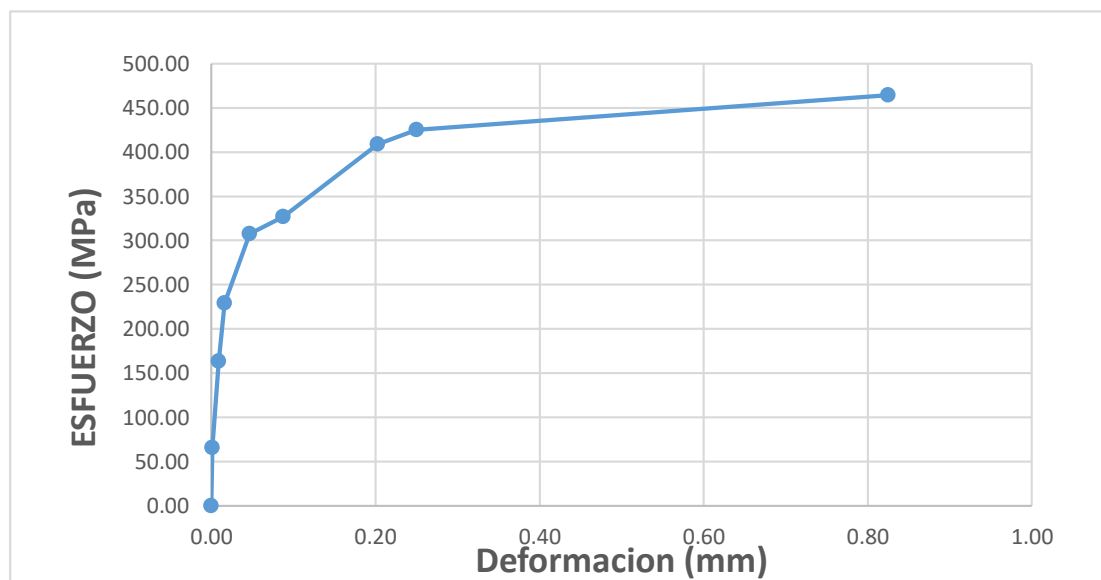


Figura 39. Curva esfuerzo – deformación probeta PBT-01.



Los resultados del ensayo tracción de la probeta **PBT-02** se elaboraron en una tabla indicando la carga, el alargamiento, la deformación y el esfuerzo todos estos datos se obtuvieron en la maquina universal de tracción.

Tabla 49. Resultados del ensayo de tracción de la probeta **PBT-02**

PBT-02 PROCESO GTAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	77.50	0.00	0.00
1962.00	77.90	0.01	65.40
5101.20	78.30	0.01	170.04
6867.00	78.70	0.02	228.90
9025.20	80.00	0.03	300.84
9810.00	83.00	0.07	327.00
11968.20	87.20	0.13	398.94
13635.90	97.00	0.25	454.53
14028.30	140.50	0.81	467.61

Fuente: elaboración propia

Después de haber obtenido los resultados y de haber elaborado la tabla de datos de la probeta PBT- 02, se realizó en Excel la curva de esfuerzo – deformación de la probeta soldada proceso GTAW como se muestra en la figura 40.

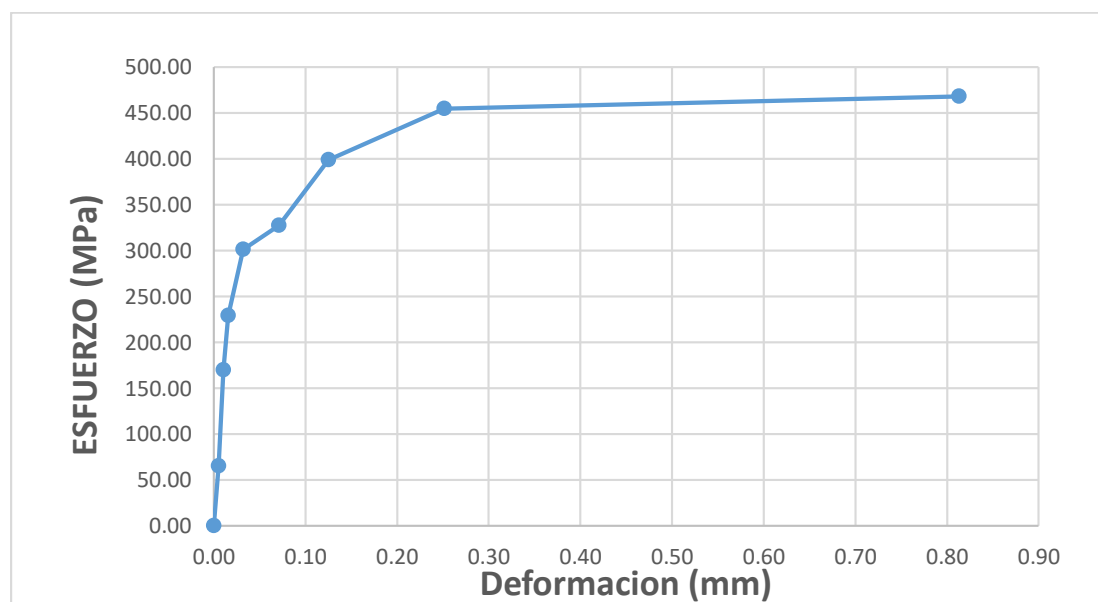


Figura 40. Curva esfuerzo – deformación probeta PBT-02

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 Resultados Medición Dureza

Las mediciones de dureza del proceso GMAW y GTAW Realizadas en la máquina de dureza INDECTEC y los puntos a medir se muestran en la figura 41.

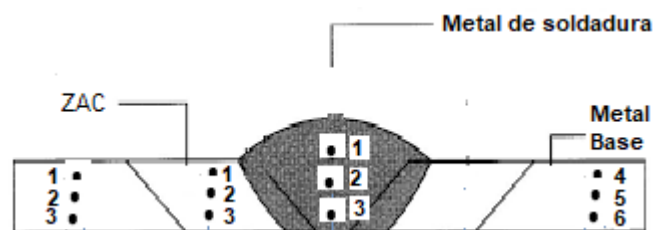


Figura 41. Puntos a medir del material base, la zona ZAC y la zona de soldadura.

Los resultados de la Medición de dureza en la zona del metal base, zona del ZAC y la zona de soldadura se muestra respectivamente en las tablas 50, 51 y 52.

Tabla 50. Resultados de la medición de dureza del metal base

Puntos a medir	Zona Metal Base	
	Proceso GMAW	Proceso GTAW
1	172	163
2	178	170
3	176	168
4	161	168
5	166	172
6	162	160
<b>Promedio</b>	<b>169.17</b>	<b>166.83</b>

Tabla 51. Resultados de la medición de dureza de la zona ZAC

Puntos a medir	Zona ZAC	
	Proceso GMAW	Proceso GTAW
1	165	158.0
2	166	164.00
3	169	154.0
<b>Promedio</b>	<b>166.7</b>	<b>158.7</b>

Tabla 52. Resultados de la medición de dureza de la zona ZAC

Puntos a medir	Zona de soldadura	
	Proceso GMAW	Proceso GTAW
1	172.00	162
2	178.00	160
3	176.00	166
<b>Promedio</b>	<b>175.33</b>	<b>162.67</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Comparación de los resultados obtenidos, en los ensayos de los procesos GMAW y GTAW

#### 3.3.1 Ensayo de inspección visual

En la comparación de resultados de inspección visual de los procesos GMAW y GTAW, dan como resultado que en ambas probetas no se encontrarán discontinuidades según lo estipulado en el código de soldura ASME sección VIII. La comparación de los resultados se muestra en la tabla 53.

Tabla 53. Comparación de inspección visual de los procesos GMAW y GTAW

<b>Discontinuidad</b>	<b>Junta soldada JSM-01</b>	<b>Junta soldada JST-02</b>
	<b>Proceso GMAW</b>	<b>Proceso GTAW</b>
Fisuras	No presenta	No presenta
Fusión incompleta	No presenta	No presenta
Penetración incompleta	No presenta	No presenta
Porosidad	No presenta	No presenta
Inclusiones de escoria	No presenta	No presenta
Golpes de arco	No presenta	No presenta
Refuerzo de soldadura	No presenta	No presenta
Mordeduras	No presenta	No presenta
Desalineamiento	No presenta	No presenta

Fuente: elaboración propia

#### 3.3.2 Ensayo por líquidos penetrantes

La comparación de los resultados obtenidos en la inspección por líquidos penetrantes de los procesos GMAW y GTAW. La tabla 54 detalla que en ambos procesos de soldadura no mostraron discontinuidades.

Tabla 54. Comparación de inspección visual de los procesos GMAW y GTAW

<b>Discontinuidad</b>	<b>Junta soldada JSM-01</b>	<b>Junta soldada JST-02</b>
	<b>Proceso GMAW</b>	<b>Proceso GTAW</b>
Fisuras a detalle	No presenta	No presenta
Porosidades a detalle	No presenta	No presenta

Fuente: elaboración propia

### 3.3.3 Ensayo de tracción

El esfuerzo máximo de tracción de las juntas soldadas en ambos procesos, se encontro dentro de los valor del esfuerzo maximo de tracción del metal base.

Tabla 55. Comparación en ensayos de tracción de los procesos GMAW y GTAW

Ensayo de tracción						
Proceso	Muestra N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Carga máxima de tensión	Máximo esfuerzo de la unidad	Tipo de falla
GMAW	PBM-01	15.01	3	1490 kg	487.5 Mpa	Rotura en el metal base
GMAW	PBM-02	15.02	3	1420 kg	484.0 Mpa	Rotura en el metal base
GTAW	PBT-01	15.00	3	1420 kg	464.0 Mpa	Rotura en el metal base
GTAW	PBT-02	15.01	3	1430 kg	467.9 Mpa	Rotura en el metal base

Fuente: elaboración propia

### 3.3.4 Ensayo de dobléz

La compracion de los resultados obtenidos del ensayo de dobléz en los procesos GMAW y GTAW no mostraron discontinuidades, se muestra en la tabla 3.19.

Tabla 56. Comparación en ensayos de dobléz de los procesos GMAW y GTAW

Ensayo de dobléz					
Proceso	Muestra N°	Espesor	Tipo de doblado	Resultado	Observaciones
GMAW	PCM-01	3 mm	Dobléz de cara	Aceptable	Sin defectos
GMAW	PCM-02	3 mm	Dobléz de cara	Aceptable	Sin defectos
GMAW	PRM-01	3 mm	Dobléz de raíz	Aceptable	Sin defectos
GMAW	PRM-02	3 mm	Dobléz de raíz	Aceptable	Sin defectos
GTAW	PCT-01	3 mm	Dobléz de cara	Aceptable	Sin defectos
GTAW	PCT-02	3 mm	Dobléz de raíz	Aceptable	Sin defectos
GTAW	PRT-01	3 mm	Dobléz de raíz	Aceptable	Sin defectos
GTAW	PRT-02	3 mm	Dobléz de raíz	Aceptable	Sin defectos

### 3.3.5 Ensayo de dureza

En el ensayo de dureza no hubo cambios significativos respecto a la dureza del metal base en ambas juntas soldadas, la comparativa de muestra en la tabla 3.20.

Tabla 57. Comparación del ensayo de dobléz de las probetas GMAW y GTAW

Ensayo de dureza				
Zona de medición	metal base	ZAC	Soldadura	Promedio general
GMAW	169.17 Brinell	166.7 Brinell	175.33 Brinell	170.4 Brinell
GTAW	166.83 Brinell	158.7 Brinell	162.67 Brinell	162.7 Brinell

Fuente: elaboración propia

### 3.9 Análisis de costos

A continuación se muestran los costos directos de los procesos de soldadura GMAW y GTAW generados en este trabajado de investigación. La máquina de soldar proceso multifuncional (GMAW/GATW) que se utilizó en las probetas de tubería de acero inoxidable 304, según información de la empresa tiene un precio de 18 520 soles. Los Costos de Equipos, Materiales, soldadura y ensayos se muestran en la tabla 58, 59 y 60 respectivamente.

Tabla 58. Costos de Equipos, Materiales y operación.

Costos de Equipos, Materiales y operación	
Amoladora 4 1/2	S/ 180.00
Disco de corte	S/ 50.00
Disco de desbaste	S/ 20.00
Tubería de acero AISI 304	S/ 300.00
Operación de tronzado	S/ 80.00
Operación de refrentado	S/ 120.00
Flexómetro	S/ 15.00
Calibrador vernier	S/ 40.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 59. Costos de Materiales para soldadura.

Costos de Materiales para soldadura		
Proceso	GMAW	GTAW
Material de aporte	S/ 35.00	S/ 45.0
Electrodo de Tungsteno	-----	S/ 25.0
Recarga de gas de argón	-----	S/ 250.00
Recarga de gas de argón + co2	S/ 200.0	-----
Total costos	S/ 235.00	S/ 320.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 60. Costos de ensayos realizados

Costos de ensayos realizados		
Proceso	GMAW	GTAW
Inspección visual	S/ 50.00	S/ 50.00
Líquidos penetrantes	S/ 100.00	S/ 100.00
Ensayo de doblado	S/ 80.00	S/ 80.00
Ensayo de tracción	S/ 160.00	S/ 160.00
Ensayo de Dureza	S/ 80.00	S/ 80.00
TOTAL	S/ 470.00	S/ 470.00

Fuente: elaboración propia.

## **IV DISCUSIÓN**

### **4.1 Elaboración de la Especificación de Procedimiento de Soldadura EPS**

Se elaboró la Especificación de Procedimiento de Soldadura EPS con su respectivo Registro de Calificación del procedimiento según lo estipulado en código de soldadura ASME SECCION IX. Utilizando todos los parámetros y ensayos, según lo establecido en los conceptos teóricos, manual del fabricante y normativa.

### **4.2 Ensayo de doblez**

El ensayo de doblez se realizó según el criterio del código de soldadura ASME BPCV sección VIII. Los resultados obtenidos del ensayo de doblez de las juntas soldadas de los procesos GMAW y GTAW, en los doblados de cara y raíz fueron aceptables dentro del código estipulado, ya que no se encontró grietas ni otras discontinuidades, confirmando que la ductilidad en la zona soldada se mantiene.

### **4.3 Ensayo de tracción**

En el ensayo de tracción la rotura de la junta soldada tiene que ser mayor o igual a la tensión de ruptura mínima requerida del metal base. El resultado obtenido del ensayo de tracción se pudo apreciar que en ambas probetas del proceso GMAW y GTAW la ruptura se originó en el metal base y no en la soldadura, esto quiere decir que la resistencia a la tracción de la juntas soldadas presentaron una buena soldabilidad, por lo que se indicó que ambas justas soldadas de los procesos GMAW y GTAW pasaron la norma ASTM E8.

### **4.4 Ensayo de inspección visual**

En el ensayo de la inspección no se logró observar desalineación ni penetración incompleta esto quiere decir que la soldadura alcanzo una temperatura estable de fusión y una completa penetración.

Se pudo apreciar un cordón de soldadura homogéneo ya que se aplicó todas las consideraciones eléctricas suscriptas en EPS y la utilización del material de porte adecuado. No se visualizó falta de fusión en el metal base y la soldadura, esto

quiere decir que la temperatura que alcanzó en metal base fue la correcta para alcanzar el punto de fusión.

#### **4.5 Ensayo de líquidos penetrantes**

Los ensayos de líquidos penetrantes en las uniones de los procesos GMAW y GTAW se realizaron según la norma ASME sección V.

No se observó ni se encontraron discontinuidades mencionadas en la inspección visual por lo que se dedujo que el cordón de soldadura alcanzó su punto de fusión esperado.

#### **4.6 Ensayo de dureza**

Los resultados de la medición de dureza de la probeta en el proceso GMAW se pudo observar que no existió una diferencia notable de alteración en la dureza en comparación al metal base, esto debido a que el aporte de calor de la soldadura en el proceso GMAW es más rápida a comparación de proceso GTAW, que es más lenta.

En los resultados de medición de dureza de la probeta MDT-02 del proceso GTAW que se observó que si existe una disminución de dureza con respecto al metal base, esto debido que el aporte de calor de la soldadura en el proceso GTAW es más lenta.

#### **4.7 Costos**

Los costos en el proceso de soldadura GTAW con respecto al material de aporte, electrodo y mano de obra calificada, es un poco mayor respecto al proceso de soldadura GMAW, esto se debe debido a la complejidad de la máquina y experiencia y capacitación del soldador.

## V CONCLUSIONES

De acuerdo a los ensayos realizados según el código de soldadura ASME se concluye que ambos procesos de soldadura son factibles para la unión de tuberías de acero inoxidable austenítico del sector alimenticio, sin embargo el proceso de soldadura GTAW obtienen un mejor acabado superficial del cordón de soldadura y una mejor fusión en el cordón de raíz

Utilizando un sistema de purga o gas de respaldo con gas inerte en el soldeo de tuberías de acero inoxidable Austenítico en los procesos GMAW y GTAW se obtiene una raíz (cordón interior del tubo) limpia y libre de imperfecciones.

Los ensayos de inspección visual y líquidos penetrantes no presentaron discontinuidades en los procesos de soldadura GMAW y GTAW por lo que ambos procesos son los más adecuados para la unión de tuberías de acero inoxidable austenítico AISI 304.



## **VI RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer ensayos químicos de corrosión a las uniones de acero inoxidable austenítico soldadas con los procesos GMAW y GTAW, para comprobar la resistencia a la corrosión de ambos procesos en uniones soldadas.

Para ejecutar la soldadura en las uniones de acero inoxidable austenítico AISI 304 es necesario realizar la selección de los consumibles teniendo en cuenta la resistencia del metal base y las propiedades químicas del metal base.

Al ejecutar el proceso de soldadura es importante realizarlo en condiciones limpias y sin humedad, para que el proceso no se vea afectado a la hora de soldar.

Se recomienda hacer ensayos químicos de corrosión a las uniones de acero inoxidable austenítico soldadas con los procesos GMAW y GTAW, para comprobar la resistencia a la corrosión de ambos procesos en uniones soldadas.

## VII REFERENCIAS

TRUJILLO, Ramírez, Edith. Estudio de la soldabilidad del acero inoxidable austenítico AISI 304 mediante el proceso de soldadura GMAW. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2017. 103pp.

BORDA, Castillo, Fernando. Control de Calidad de Soldadura TIG En la Fabricación de Equipos de Aceros Inoxidables Para la Industria Cervecera del Perú. Tesis (Ingeniero de Materiales). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín, Facultad De Ingeniería De Procesos, 2015. 133pp.

OROPEZA, Serrano, Adrián y OREGÓN Joaquín Javier. Influencias en las Propiedades Mecánicas Al Aplicar Soldadura MIG en un Acero Inoxidable. Tesis (Ingeniero Mecánico). México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2015. 105pp.

BOMBÓN, Sandoval, Mario. Análisis de la Variación de Velocidad de Avance en la Soldadura del Acero inoxidable austenítico AISI 304 Mediante el Proceso GMAW y Su Incidencia en la Defectología. Tesis (Ingeniero Mecánico). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2014. 168pp.

GÁMEZ, Campos, Luis. Análisis de la Soldabilidad de Aceros Inoxidables Austeníticos Unidos Mediante el Proceso GMAW Aplicados a la Fabricación de Tanques de Lixiviación. Tesis (Especialista en Soldadura). México: Corporación Mexicana de Investigación De Materiales, División de Estudios de Posgrado, 2017. 87pp.

JEFFUS, Larry. Soldadura principios y aplicaciones. 5.<sup>a</sup> ed. España: Delmar Cengage Learning, 2009. 894 pp.

ISBN: 978-1-40181-0467

GIACHINO, Joseph, y WEEKS, William. Técnica y Práctica de la Soldadura. Editorial Reverte S.A, 2007. 457 pp.

ISBN: 978-84-291-6053-6

HERNÁNDEZ, German. Manual Del Soldador 16.<sup>a</sup> ed. España: Editorial Cesol, 2006. 644pp

ISBN: 9788493431617

RODRÍGUEZ, Pedro. Manual de Soldadura. 1.<sup>a</sup> ed. Argentina: Librería y Editorial Alsina, 2001. 63pp.

ISBN: 950-553-095-1

REINA, Manuel. Soldadura de Los Aceros. 4.<sup>a</sup> ed. España: Weld -Work. S.L, 2003. 498pp

ISBN: 64-607-7487-2

NUÑES, Carlos, ROCA, Antoni y JORBA, Jordi. Comportamiento Mecanico de los Materiales 2.<sup>a</sup> ed. España: Universidad de Barcelona, 2011. 141pp.

ISBN: 978-84-475-3514-9

FRANCO, José y MADRE, Antonieta, Ensayos De Metalografía y Tratamientos Térmicos. 1.<sup>a</sup> ed. España: Prensas De La Universidad de Zaragoza, 1999. 144 pp.

ISBN: 8477335206

OSPINA, Ricaurte, Carlos, Trujillo y Hernando, Parra. Aplicación y Selección de Ensayos No Destructivos Para la Evaluación de Uniones Soldadas. 16.<sup>a</sup> ed. Colombia: Universidad Tecnológica De Pereira, 2011. 196-201 pp.

ISBN: 0122-1701

Asociación Española De Ensayos No Destructivos. Líquidos Penetrantes Nivel II. 2.<sup>a</sup> ed. España: Fundación Confemetal, 2002. 151 pp.

ISBN: 84-95428-71-7

PERE, Mórela. Metales Resistentes a La Corrosión. 1.<sup>a</sup> ed. España: Marcombo S.A, 1990. 124 pp.

ISBN: 84-267-0772-6

International, Molibdenum Association. Practicas Para la Fabricación de los Aceros Inoxidables Dúplex. 1.<sup>a</sup> ed. Reino Unido: IMOA, 2012. 63pp.

ISBN: 978-1-907470-02-8

# ANEXOS

## Anexo 1: Formato de Especificación procedimiento de soldadura WPS

### FORM QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) (See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Organization Name \_\_\_\_\_ By \_\_\_\_\_  
 Welding Procedure Specification No. \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Supporting PCR No.(s) \_\_\_\_\_  
 Revision No. \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Welding Process(es) \_\_\_\_\_ Type(s) \_\_\_\_\_  
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)

JOINTS (QW-402)	Details
Joint Design _____ Root Spacing _____ Backing: Yes _____ No _____ Backing Material (Type) _____ <small>(Refer to both backing and retainers)</small> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal <input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified.  Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)	

**\*BASE METALS (QW-403)**

P-No. \_\_\_\_\_ Group No. \_\_\_\_\_ to P-No. \_\_\_\_\_ Group No. \_\_\_\_\_  
 OR  
 Specification and type/grade or UNS Number \_\_\_\_\_  
 to Specification and type/grade or UNS Number \_\_\_\_\_  
 OR  
 Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_  
 to Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_  
 Thickness Range: \_\_\_\_\_  
 Base Metal: Groove \_\_\_\_\_ Fillet \_\_\_\_\_  
 Maximum Pass Thickness ≤ 1/2 in. (13 mm) (Yes) \_\_\_\_\_ (No) \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

*FILLER METALS (QW-404)	1	2
Spec. No. (SFA) _____		
AWS No. (Class) _____		
F-No. _____		
A-No. _____		
Size of Filler Metals _____		
Filler Metal Product Form _____		
Supplemental Filler Metal _____		
Weld Metal		
Deposited Thickness:		
Groove _____		
Fillet _____		
Electrode-Flux (Class) _____		
Flux Type _____		
Flux Trade Name _____		
Consumable Insert _____		
Other _____		

FORM QW-482 (Back)

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<p><b>POSITIONS (QW-405)</b>                  Position(s) of Groove _____                  Welding Progression: Up _____ Down _____                  Position(s) of Fillet _____                  Other _____</p>	<p><b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b>                  Temperature Range _____                  Time Range _____                  Other _____</p>																								
<p><b>PREHEAT (QW-406)</b>                  Preheat Temperature, Minimum _____                  Interpass Temperature, Maximum _____                  Preheat Maintenance _____                  Other _____                  (Continuous or special heating, where applicable, should be recorded)</p>	<p><b>GAS (QW-408)</b></p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Percent Composition</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Gas(es)</th> <th style="text-align: center;">(Mixture)</th> <th style="text-align: center;">Flow Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>		Percent Composition			Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate	Shielding	_____	_____	_____	Trailing	_____	_____	_____	Backing	_____	_____	_____	Other	_____	_____	_____	
	Percent Composition																								
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate																						
Shielding	_____	_____	_____																						
Trailing	_____	_____	_____																						
Backing	_____	_____	_____																						
Other	_____	_____	_____																						
<p><b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b></p>																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Weld Pass(es)</th> <th rowspan="2">Process</th> <th colspan="2">Filler Metal</th> <th rowspan="2">Current Type and Polarity</th> <th rowspan="2">Amps (Range)</th> <th rowspan="2">Wire Feed Speed (Range)</th> <th rowspan="2">Energy or Power (Range)</th> <th rowspan="2">Volts (Range)</th> <th rowspan="2">Travel Speed (Range)</th> <th rowspan="2">Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)</th> </tr> <tr> <th>Classification</th> <th>Diameter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Weld Pass(es)	Process	Filler Metal		Current Type and Polarity	Amps (Range)	Wire Feed Speed (Range)	Energy or Power (Range)	Volts (Range)	Travel Speed (Range)	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)	Classification	Diameter											
Weld Pass(es)	Process			Filler Metal									Current Type and Polarity	Amps (Range)	Wire Feed Speed (Range)	Energy or Power (Range)	Volts (Range)	Travel Speed (Range)	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)						
		Classification	Diameter																						
<p style="text-align: center;">Amps and volts, or power or energy range, should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.</p> <p>Pulsing Current _____ Heat Input (max.) _____</p> <p>Tungsten Electrode Size and Type _____  <small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)</small></p> <p>Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____  <small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc.)</small></p> <p>Other _____</p>																									
<p><b>TECHNIQUE (QW-410)</b>                  String or Weave Bead _____                  Orifice, Nozzle, or Gas Cup Size _____                  Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____                  _____                  Method of Back Gouging _____                  Oscillation _____                  Contact Tube to Work Distance _____                  Multiple or Single Pass (Per Side) _____                  Multiple or Single Electrodes _____                  Electrode Spacing _____                  Peening _____                  Other _____                  _____                  _____</p>																									

Anexo 2: Formato de registro de calificación de procedimiento PQR

**FORM QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)**  
 (See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)  
**Record Actual Variables Used to Weld Test Coupon**

Organization Name _____ Procedure Qualification Record No. _____ Date _____ WPS No. _____ Welding Process(es) _____ Types (Manual, Automatic, Semi-Automatic) _____																																																																			
JOINTS (QW-402)           Groove Design of Test Coupon (For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal and process used.)																																																																			
BASE METALS (QW-403) Material Spec. _____ Type/Grade, or UNS Number _____ P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____ Thickness of Test Coupon _____ Diameter of Test Coupon _____ Maximum Pass Thickness _____ Other _____ _____ _____	POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperature _____ Time _____ Other _____ _____ _____																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">FILLER METALS (QW-404)</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>SFA Specification</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>AWS Classification</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Filler Metal F-No.</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Analysis A-No.</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Size of Filler Metal</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Filler Metal Product Form</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Supplemental Filler Metal</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Electrode Flux Classification</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Flux Type</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Flux Trade Name</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Thickness</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	FILLER METALS (QW-404)	1	2	SFA Specification	_____	_____	AWS Classification	_____	_____	Filler Metal F-No.	_____	_____	Weld Metal Analysis A-No.	_____	_____	Size of Filler Metal	_____	_____	Filler Metal Product Form	_____	_____	Supplemental Filler Metal	_____	_____	Electrode Flux Classification	_____	_____	Flux Type	_____	_____	Flux Trade Name	_____	_____	Weld Metal Thickness	_____	_____	Other	_____	_____	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 15%;"></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">GAS (QW-408)</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Percent Composition</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Gas(es)</td> <td style="text-align: center;">(Mixture)</td> <td style="text-align: center;">Flow Rate</td> </tr> <tr> <td>Shielding</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		GAS (QW-408)			Percent Composition				Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate	Shielding	_____	_____	_____	Trailing	_____	_____	_____	Backing	_____	_____	_____	Other	_____	_____	_____
FILLER METALS (QW-404)	1	2																																																																	
SFA Specification	_____	_____																																																																	
AWS Classification	_____	_____																																																																	
Filler Metal F-No.	_____	_____																																																																	
Weld Metal Analysis A-No.	_____	_____																																																																	
Size of Filler Metal	_____	_____																																																																	
Filler Metal Product Form	_____	_____																																																																	
Supplemental Filler Metal	_____	_____																																																																	
Electrode Flux Classification	_____	_____																																																																	
Flux Type	_____	_____																																																																	
Flux Trade Name	_____	_____																																																																	
Weld Metal Thickness	_____	_____																																																																	
Other	_____	_____																																																																	
	GAS (QW-408)																																																																		
	Percent Composition																																																																		
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate																																																																
Shielding	_____	_____	_____																																																																
Trailing	_____	_____	_____																																																																
Backing	_____	_____	_____																																																																
Other	_____	_____	_____																																																																
POSITION (QW-405) Position of Groove _____ Weld Progression (Uphill, Downhill) _____ Other _____ _____	ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) Current _____ Polarity _____ Amps. _____ Volts _____ Tungsten Electrode Size _____ Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____ Heat Input _____ Other _____ _____																																																																		
PREHEAT (QW-406) Preheat Temperature _____ Interpass Temperature _____ Other _____ _____	TECHNIQUE (QW-410) Travel Speed _____ String or Weave Bead _____ Oscillation _____ Multipass or Single Pass (Per Side) _____ Single or Multiple Electrodes _____ Other _____ _____																																																																		

(07/13)

**FORM QW-483 (Back)**

**Tensile Test (QW-150)**

PQR No. \_\_\_\_\_

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load	Ultimate Unit Stress, (psi or MPa)	Type of Failure and Location

**Guided-Bend Tests (QW-160)**

Type and Figure No.	Result

**Toughness Tests (QW-170)**

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temperature	Impact Values			Drop Weight Break (Y/N)
				ft-lb or J	% Shear	Mils (in.) or mm	

Comments \_\_\_\_\_

**Fillet-Weld Test (QW-180)**

Result — Satisfactory: Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Penetration into Parent Metal: Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Macro — Results \_\_\_\_\_

**Other Tests**

Type of Test \_\_\_\_\_

Deposit Analysis \_\_\_\_\_

Other \_\_\_\_\_

Welder's Name \_\_\_\_\_ Clock No. \_\_\_\_\_ Stamp No. \_\_\_\_\_

Tests Conducted by \_\_\_\_\_ Laboratory Test No. \_\_\_\_\_

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.



Organization \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Certified by \_\_\_\_\_

(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)


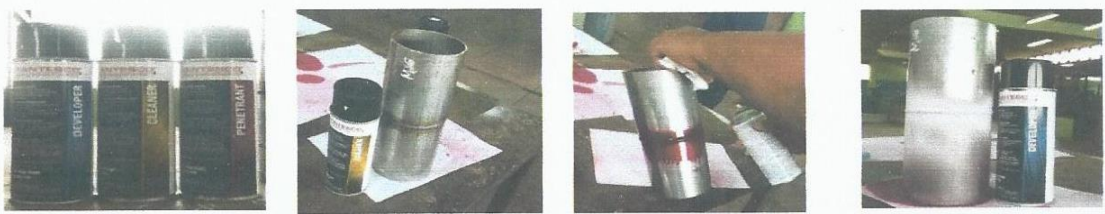



Anexo 3: Informe de ensayo por inspección visual


	<b>“INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICO NUEVA ESPERANZA”</b>	Informe:	001
		Fecha:	14/05/2019
		Cliente:	Alberco Medina A.
<b>INFORME DE INSPECCION VISUAL</b>			
Proyecto	Tesis		
Tipo de ensayo	Ensayo de inspección visual		
Norma aplicada	ASME BPCV sección VIII		
Probetas	JSM-01 (GMAW) y JST-02 (GTAW)		
Material	Acero inoxidable austenítico AISI 304		
Espesor	3mm		
<b>CRITERIO DE ACEPTACIÓN</b>			
<b>Discontinuidad</b>	<b>ASME BPCV sección V</b>		
Fisuras	No aceptable		
Fusión incompleta	No aceptable		
Penetración incompleta	No aceptable		
Porosidad	No aceptable		
Inclusiones de escoria	No aceptable		
Golpes de arco	No aceptable		
Refuerzo de soldadura	Hasta 3 mm		
Mordeduras	10% del espesor material base		
Desalineamiento	Hasta 1.5 mm		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Discontinuidad</b>	<b>Proceso GMAW</b>	<b>Proceso GTAW</b>	
Fisuras	No presenta	No presenta	
Fusión incompleta	No presenta	No presenta	
Penetración incompleta	No presenta	No presenta	
Porosidad	No presenta	No presenta	
Inclusiones de escoria	No presenta	No presenta	
Golpes de arco	No presenta	No presenta	
Refuerzo de soldadura	No presenta	No presenta	
Mordeduras	No presenta	No presenta	
Desalineamiento	No presenta	No presenta	
<b>OBSERVACIONES</b>			
Las probetas JSM-01 y JST-02 de los procesos GMAW y GTAW no presentan discontinuidades y son aceptables según la norma ASME BPCV sección VIII		Firma y Sello	
Ensayo Realizado Por	John E. Chuquillanqui V.	 <b>Jhon E. Chuquillanqui Vereau</b> <b>ING MECANICO</b> <b>R. CIP 75063</b>	
Cargo:	Ingeniero Mecánico		
Código R. CIP	75063		
Fecha:	14/05/2019		



Anexo 4: Informe ensayo por líquidos penetrantes

	<b>“INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICO NUEVA ESPERANZA”</b>			Informe	002
				Fecha	14/05/19
				Cliente	Andrés Alberco
<b>INFORME DE LIQUIDOS PENETRANTES</b>					
<b>LOCALIZACION:</b>	Taller de Soldadura	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>	Extraordinario		
<b>FECHA :</b>	15-May-19	<b>N° REPORTE</b>	002		
<b>INFORMACION GENERAL</b>			<b>DESIGNACION DE MATERIALES</b>		
PROCESO DE SOLDADURA	GMAW	TIPO DE LIQUIDO	Penetrante	Removedor	Revelador
ELEMENTO EVALUADO	Junta Soldada	MARCA	Cantesco	Cantesco	Cantesco
NORMA DE EVALUACION	ASME sección V	CODIGO	P101S-A	C101-A	D101-A
RANGO DE ESPESORES	3mm	TIEMPO	10 MIN	5 MIN	10 MIN
<b>ZONA INSPECCIONADA:</b>	Unión De Soldadura	<b>TIPO:</b>	II	<b>METODO :</b>	C
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Acero Inoxidable Austenítico AISI 304		<b>ILUMINACION:</b> LUZ NATURAL		
<b>PROCESO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>POROSIDADES</b>	<b>FISURAS ≤ 1mm</b>	<b>FISURAS ≥ 1mm</b>	<b>ACEPTACION/ RECHAZO</b>
GMAW	JSM-01	No Presenta	No Presenta	No Presenta	Aceptada
GTAW	JST-02	No Presenta	No Presenta	No Presenta	Aceptada
<b>Evidencias Fotográficas</b>					
					
<b>OBSERVACIONES</b>					
No se detectaron discontinuidades en las probetas JSM-01 y JTT-02 de los procesos GMAW y GTAW según lo establecido en la norma ASME sección V.					
Inspeccionado por:	John E. Chuquillanqui V.		Firma y Sello   Jhon E. Chuquillanqui Vereau ING MECANICO R. CIP 75063		
Cargo	Ingeniero Mecánico				
Código R. CIP	75063				
Fecha:	14 de mayo 2019				

## Anexo 5: Informe de ensayo de doblado

	<b>“INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICO NUEVA ESPERANZA”</b>	Informe	001
		Fecha:	15/05/2019
		Cliente:	Andrés Alberco

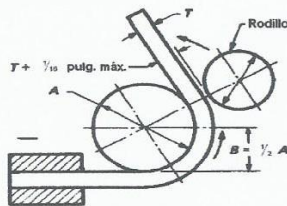
### INFORME DE ENSAYO DE DOBLEZ

#### 1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Según el código de soldadura ASME SECCION IX

#### 2. DISPOSITIVO UTILIZADO

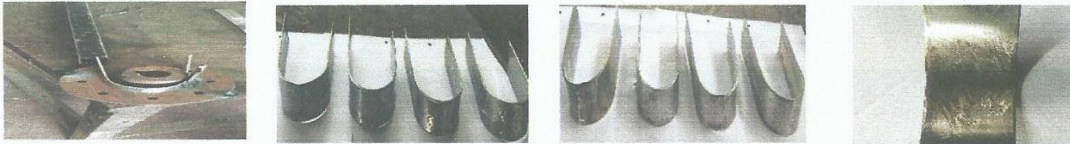
Dispositivo para prueba de doblado manual según CODIGO ASME SECCION IX 2017. Como se muestra en la siguiente figura.



#### 3. CRITERIO DE ACEPTACION

Para ser aceptada la probeta no debe presentar discontinuidades en la zona doblada.

#### 4. EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS



#### 5. RESULTADOS

PROCESO	Probeta	Espesor	Tipo de doblado	Angulo de doblado	Observaciones	Condición
GMAW	PCM-01	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PCM-02	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRM-01	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRM-02	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
GTAW	PCT-01	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PCT-02	3mm	Cara	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRT-01	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada
	PRT-02	3mm	Raíz	180	No presenta discontinuidades	Aceptada

#### OBSERVACIONES

No se observaron discontinuidades en las probetas del proceso GMAW y GTAW



Ensayo Realizado Por	John E. Chuquillanqui V.
Cargo:	Ingeniero Mecánico
Código R. CIP	75063
Fecha:	15/05/2019

Firma y Sello

  
**Jhon E. Chuquillanqui Vereau**  
 ING MECANICO  
 R. CIP 75063



Anexo 6: Informe de ensayo de Tracción

	<b>"INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICO NUEVA ESPERANZA"</b>	Informe:	001
		Fecha:	16/05/2019
		Cliente:	Alberco Medina A.
<b>INFORME DE ENSAYO DE TRACCION</b>			
Tipo de ensayo	Ensayo de tracción		
Norma aplicada	ASTM E8		
Equipo utilizado	Maquina universal Service Physical de 10000 lbs		
Probetas	PB-01 y PB-02 (Proceso GMAW)		
Material	Acero inoxidable austenítico AISI 304		
Espesor	3 mm	Área	30 mm <sup>2</sup>
Ancho	10 mm		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>PBM-01 PROCESO GMAW</b>			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	86.00	0.00	0.00
1962.00	86.60	0.01	65.40
4905.00	87.40	0.02	163.50
8829.00	89.00	0.03	294.30
10594.80	92.00	0.07	353.16
11968.20	97.40	0.13	398.94
13243.50	102.60	0.19	441.45
13734.00	106.60	0.24	457.80
14616.90	146.50	0.70	487.23
<b>PBM-02 PROCESO GMAW</b>			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	80.00	0.00	0.00
1962.00	80.70	0.01	65.40
4905.00	81.30	0.02	163.50
6867.00	81.90	0.02	228.90
9417.60	83.60	0.04	313.92
10791.00	88.90	0.11	359.70
12262.50	96.20	0.20	408.75
13145.40	107.10	0.34	438.18
14420.70	146.50	0.83	483.96
<b>OBSERVACIONES</b>			
La fractura de las probetas PB-01 y PB-02 del proceso GMAW se presentó en el metal base y no en el cordón de soldadura.		Firma y Sello	
Ensayo Realizado Por	John E. Chuquillanqui V.	 Jhon E. Chuquillanqui Vereau ING MECANICO R. CIP 75063	
Cargo:	Ingeniero Mecánico		
Código R. CIP	75063		
Fecha:	16/05/2019		



“INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR  
TECNOLOGICO NUEVA ESPERANZA”

Informe: 002  
Fecha: 16/05/2019  
Cliente: Alberco Medina A.

### INFORME DE ENSAYO DE TRACCION

Tipo de ensayo	Ensayo de tracción		
Norma aplicada	ASTM E8		
Equipo utilizado	Maquina universal Service Physical de 10000 lbs		
Probetas	PB-01 y PB-02 (Proceso GTAW)		
Material	Acero inoxidable austenítico AISI 304		
Espesor	3 mm	Área	30 mm <sup>2</sup>
Ancho	10 mm		

### RESULTADOS

PBT-01 PROCESO GTAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	80.00	0.000	0.00
1962.00	80.10	0.000	65.40
4905.00	80.70	0.010	163.50
6867.00	81.30	0.020	228.90
9221.40	83.70	0.050	307.38
9810.00	87.00	0.090	327.00
12262.50	96.20	0.200	408.75
12753.00	100.00	0.250	425.10
13930.20	146.00	0.830	464.34

PBT-02 PROCESO GTAW			
Fuerza (N)	Alargamiento (mm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	77.50	0.00	0.00
1962.00	77.90	0.01	65.40
5101.20	78.30	0.01	170.04
6867.00	78.70	0.02	228.90
9025.20	80.00	0.03	300.84
9810.00	83.00	0.07	327.00
11968.20	87.20	0.13	398.94
13635.90	97.00	0.25	454.53
14028.30	140.50	0.81	467.61

### OBSERVACIONES

La fractura de las probetas PB-01 y PB-02 del proceso GTAW se presentó en el metal base y no en el cordón de soldadura.

Ensayo Realizado Por: John E. Chuquillanqui V.  
Cargo: Ingeniero Mecánico  
Código R. CIP: 75063  
Fecha: 16/05/2019

Firma y Sello

Jhon E. Chuquillanqui Vereau  
ING MECANICO  
R. CIP 75063

# Power Wave® S350

## Procesos

Electrodo revestido, TIG CD, TIG CD Pulsado, MIG, MIG Pulsado, Alambre tubular

## Número del producto

K2904-1 Power Wave® S350  
K3005-1 Power Wave® S350 One-Pak® (acero)  
K3005-2 Power Wave® S350 Ready-Pak® (acero)

## Voltaje de entrada

208/230/380-415/460/575/1/3/50/60

## Corriente de alimentación a la salida nominal

Trifásica / 40% del ciclo de trabajo:

39/35/19/17/14 A

Monofásica / 40% del ciclo de trabajo:

60/61/NA/NA/NA A

## Rango de salida

de 5 a 350 A

## Salida nominal

GMAW: 350 A/31,5 W/40%

GMAW: 300 A/29 W/100%

## Peso/dimensiones (A x A x P)

85 lb (38,6 Kg)

20,40 x 14 x 24,80 in.

(518 x 356 x 630 mm)

Las especificaciones completas están en la parte posterior

## Portátil, poderosa, multiprocesos.

La Power Wave® S350 multiprocesos posee tecnología de alto desempeño de Lincoln Electric tanto en la entrada como en la salida. Proporciona una extremadamente rápida respuesta de arco, incluye más de 65 formas de onda de soldadura de manera estándar para un desempeño optimizado en casi cualquier aplicación y convierte eficientemente la energía de entrada para reducir los costos operativos – todo en una compacta y resistente carcasa.

## CARACTERÍSTICAS

- ▶ **La tecnología Power Connect™ (Patente en trámite)** – Se ajusta automáticamente a la energía de entrada desde 200 hasta 600 V, a 50 o 60 Hz, monofásica o trifásica. La salida de soldadura permanece constante para todo el rango de voltaje de entrada.
- ▶ **Módulo de energía Tribrid™** – Excepcional desempeño de soldadura con alto factor de potencia y eficiencia.
- ▶ **CheckPoint™** – Un servidor en la nube le permite visualizar o analizar los datos de soldadura en casi cualquier dispositivo – computadora de escritorio, laptop, iPhone® o iPad®, BlackBerry® y otros. Dé seguimiento al uso del equipo, almacene datos de soldadura, configure límites de falla y más.
- ▶ **Receptáculo doble opcional de energía auxiliar de 115 V (10 A) CA** – Presenta la tecnología Surge Blocker™ (patente en trámite) para asegurar que no se comprometa el desempeño de soldaduras simultáneas por herramientas de alta corriente de arranque tales como esmeriles (que requieren normalmente 60 A o más en picos de corriente).
- ▶ **Carcasa compacta y duradera** - Clasificada IP23 para resistir ambientes agresivos.
- ▶ **Ethernet estándar** - Permite actualizaciones de software sin esfuerzo desde [powerwavesoftware.com](http://powerwavesoftware.com)

## APLICACIONES

- ▶ Construcción
- ▶ Tecnología aeroespacial
- ▶ Fabricación
- ▶ Automotriz
- ▶ Producción
- ▶ Capacitación en soldadura



## QUÉ INCLUYE

La unidad básica K2923-3 incluye:

- ▶ Cable de alimentación, 10 pies (3,0 m)

## ENTRADA



## SALIDA



## ALIMENTADORES DE ALAMBRE RECOMENDADOS

- ▶ Modelos de banco y Boom de Power Feed® 84
- ▶ Power Feed® 25M

## WAVEFORM CONTROL TECHNOLOGY® CAPACIDADES DE PROCESO

- ▶ Pulsado
- ▶ Pulse-on-Pulse®
- ▶ Power Mode®
- ▶ RapidArc®
- ▶ Módulo Rapid X™ (con STT™)
- ▶ Actualizable para procesos adicionales a ser desarrollados en un futuro.



[www.lincolnelectric.com/green](http://www.lincolnelectric.com/green)



Garantía extendida de dos años disponible en EE. UU. y en Canadá.



Publicación E5.110 | Fecha de emisión 13/01  
© Lincoln Global, Inc. Todos los derechos reservados.

## THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY

22801 St. Clair Avenue • Cleveland, Ohio • 44117-1199 • EE. UU.

TEL.: +1 216-481-8100 • [www.lincolnelectric.com](http://www.lincolnelectric.com)

**LINCOLN ELECTRIC**  
THE WELDING EXPERTS®

## Anexo 8: Características principales del alambre MIG 308LSi

ALAMBRE MIG (GMAW)

# Blue Max<sup>®</sup> MIG 308LSi

Acero inoxidable • AWS ER308Si, ER308LSi

### Características principales

- ▶ Alto nivel de silicio para mayor fluidez del charco y mojado de la punta
- ▶ Lubricante patentado de superficie para una alimentación estable y estabilidad del arco
- ▶ Versátil electrodo diseñado para soldar aceros inoxidables CrNi austeníticos
- ▶ Q2 Lot<sup>®</sup>: certificado que muestra la composición real del alambre y el número calculado de ferrita (FN) disponible en línea
- ▶ Contenido controlado de ferrita para una máxima resistencia a la corrosión

### Aplicaciones típicas

- ▶ Aceros inoxidables tipo 304 y 304L
- ▶ Aceros inoxidables austeníticos comunes denominados aceros "18-8"
- ▶ ASTM A743 o A744 tipo CF-8 y CF-3

### Cumplimientos

AWS A5.9/A5.9M: 2006:	ER308Si, ER308LSi
ASME SFA-A5.9:	ER308Si, ER308LSi
ABS:	ER308Si, ER308LSi
CWB/CSA W48-06:	ER308LSi
EN ISO 14343-B:	SS308LSi

### Posiciones de soldadura

Todas

### Gas protector

Transferencia de corto circuito:  
90% Helio / 7-1/2% Argón / 2-1/2% CO<sub>2</sub>  
Transferencia de spray axial:  
98% Mezcla Argón / Oxígeno

### DIÁMETROS/EMPAQUE

Diámetro in (mm)	25 lb (11.3 kg) Carrete de plástico	500 lb (227 kg) Tambo Accu-Trak <sup>®</sup>	1000 lb (454 kg) Reel Precise-Trak <sup>™</sup>
0.030 (0.8)	ED023961		
0.035 (0.9)	ED019292	ED029768	
0.045 (1.1)	ED019293	ED029769	ED032834
1/16 (1.6)	ED019294		

### PROPIEDADES MECÁNICAS<sup>(1)</sup>: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006

	Resistencia a la Cedencia <sup>(2)</sup> MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Ferrita Número
Requisitos: AWS ER308Si, ER308LSi	No especificado			
Resultados de prueba <sup>(3)</sup> : como se soldó	455 (66)	635 (92)	46	13

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY



## Anexo 9: Características principales del material de aporte GTAW ER308

CE APOORTE TIG (GTAW)

# Lincoln® ER308/308L

Inoxidable • AWS ER308, ER308L

### Características principales

- ▶ Usar en metales de base de composición similar
- ▶ La clasificación dual asegura que el contenido máximo de carbono es 0.03%
- ▶ Q2 Lot®: certificado que muestra la composición real del alambre y el número calculado de ferrita (FN) disponible en línea
- ▶ El contenido de 0.03% de carbono aumenta la resistencia a la corrosión intergranular
- ▶ Identificación por impresión de tinta a lo largo del electrodo

### Aplicaciones típicas

- ▶ Hoja de acero en los metales base correspondientes de acero inoxidable
- ▶ Tubería de alta presión

### Cumplimientos

AWS A5.9/A5.9M: 2006	ER308, ER308L
ASME SFA-A5.9:	ER308, ER308L
EN ISO 14343-B:	SS308L

### Posiciones de soldadura

Todas

### Gas protector

100% Argón

### DIÁMETROS/EMPAQUE

Diámetro in (mm)	1 lb (0.5 kg) Tubo de plástico 10 lb (4.5 kg) caja master	10 lb (4.5 kg) Caja de cartón	50 lb (22.7 kg) in (mm) Caja de cartón
1/16 (1.6)	ED025410	ED025412	ED026655
3/32 (2.4)	ED025413	ED025415	ED026656
1/8 (3.2)	ED025416	ED025418	ED026657

### COMPOSICIÓN DE ALAMBRE: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006

	%C <sup>(1)</sup>	%Cr	%Ni	%Mo	%Mn
Requisitos: AWS ER308L	0.03 <sup>(2)</sup> máx.	19.5 - 22.0	9.0 - 11.0	0.75 máx.	1.0 - 2.5
Resultados de prueba <sup>(1)</sup>	0.02	20.2	9.2	0.03	1.6
	%Si	%P	%S	%Cu	Total de otros
Requisitos: AWS ER308L	0.30 - 0.65	0.03 máx.	0.03 máx.	0.75 máx.	0.50 máx.
Resultados de prueba <sup>(1)</sup>	0.44	0.02	0.02	0.11	0.03

#### IMPORTANTE: SE REQUIERE VENTILACION Y/O ESCAPE ESPECIAL

Los gases del uso normal de algunos productos de soldadura pueden contener cantidades importantes de componentes como cromo y manganeso, que pueden bajar el nivel de exposición de 5.0 mg/m<sup>3</sup> para los gases de soldadura general. ANTES DE USAR, LEER Y COMPRENDER LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES (MATERIAL SAFETY DATA SHEET, MSDS) PARA ESTE PRODUCTO E INFORMACIÓN ESPECÍFICA IMPRESA EN EL EMPAQUE DEL PRODUCTO

(1) Ver el desglose de responsabilidad de los resultados de la prueba en la siguiente página. (2) Requisitos para ER308 es 0.03% máx. de carbono

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY

Anexo 10: Boleta de venta de kit de ensayo para liquidos penetrantes



**OXIWELD SAC**  
 AV. GUILLERMO DANSEY NRO. 481 (GALERIA LORETO TIENDA 102-103  
 CERCADO)  
 943902074 // E-mail : informes@oxiweldsac.com

R.U.C.  
 20537320207  
**BOLETA DE VENTA  
 ELECTRÓNICA**  
 BI01-00000049

<b>RAZON SOCIAL</b>	: ANDRES ALBERCO MEDINA	<b>D.N.I.</b>	: 46065493
<b>DIRECCION</b>	: SANTA ANITA LIMA LIMA		
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 30/04/2019	<b>FECHA DE VCTO.:</b>	30/04/2019

<b>CONDICION DE PAGO</b>	<b>VENDEDOR</b>	<b>ORDEN DE COMPRA</b>	<b>GUIA DE REMISION</b>	<b>MONEDA</b>
CONTADO	ALEXANDRA			SOLES

COD.	CANT.	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
C101-A	2.00	Und.	CLEANER CANTESCO	20.00	40.00
D101-A	2.00	Und.	DEVELOPER CANTESCO	23.00	46.00
P101-SA	2.00	Und.	PENETRANT CANTESCO	25.00	50.00

**SON : CIENTO TREINTA Y SEIS CON 00/100 SOLES**

Op. Inafectas	S/	0.00
Op. Exonerado	S/	0.00
Op. Gravadas	S/	115.25
IGV	S/	20.75
<b>Total a Pagar</b>	<b>S/</b>	<b>136.00</b>

**Banco de Credito del Peru-BCP-Soles** : 1911998665023 CCI : 002191001998664023  
**Banco de Credito del Peru-BCP-Dolares** : 1911997663122 CCI : 00219100199766312256



Anexo 11: Boleta de venta de los servicios de soldadura de los procesos GMAW y GTAW

13/5/2019

::: Boleta de Venta Electronica - Impresion :::

<b>INOXIDER S.R.LTDA.</b> <b>INOXIDABLES Y DERIVADOS S.R.L.</b> AV. ENRIQUÉ MEIGGS 341 INT. 2 PQUE DE IND.Y COMERCIO CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO		<b>BOLETA DE VENTA ELECTRONICA</b> <b>RUC: 20418885123</b> <b>EB01-11</b>					
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : <b>13/05/2019</b> Señor(es) : <b>ANDRES ALBERCO MEDINA</b> DNI : <b>46065493</b> Tipo de Moneda : <b>SOLES</b> Observación : <b>CONTADO</b>							
Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	
3.00	PIEZAS	SSINOX	SERVICIO DE SOLDADURA PROBETA INOX. 4 PULGADA DE DIAM. X 3MM	50.00	0.00	177.00	
						Otros Cargos :	S/0.00
						Otros Tributos :	S/0.00
						Importe Total :	S/177.00
<b>SON: CIENTO SETENTA Y SIETE Y 00/100 SOLES</b>							
(*) Sin impuestos.				Op. Gravada :	S/ 150.00		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.				Op. Exonerada :	S/ 0.00		
				Op. Inafecta :	S/ 0.00		
				ISC :	S/ 0.00		
				IGV :	S/ 27.00		
				Otros Cargos :	S/ 0.00		
				Otros Tributos :	S/ 0.00		
				Importe Total :	S/ 177.00		
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: <a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a> , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.							

INOXIDER SRL  
**CANCELADO**  
 CHEQ. DEPÓSITO EFECTIVO

*[Firma]* 13/05/19  
 Karla Quever

Anexo 12: Certificado de validez de contenido del instrumento

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**


N°	ITEMS DE WPS Y PQR	PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	<b>ITEMS EPS</b>							
1	Tipo Proceso	X		X		X		
2	Material base	X		X		X		
3	Material de aporte	X		X		X		
4	Tipo de unión	X		X		X		
5	Tipo de corriente	X		X		X		
6	Posición de soldeo	X		X		X		
7	Corriente (Amperio)	X		X		X		
8	Voltaje	X		X		X		
9	Velocidad de soldeo	X		X		X		
10	Número de pasadas	X		X		X		
	<b>ITEMS PQR</b>					X		
11	Inspección Visual	X		X		X		
12	Ensayo de tintas penetrantes	X		X		X		
13	Ensayos de doblado	X		X		X		
14	Tracción en metales	X		X		X		
<b>ASPECTO GENERALES</b>							SI	NO
EL INSTRUMENTOS CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X	
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X	
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X	
<b>VALIDEZ</b>								
APLICABLE		X	NO APLICABLE					
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES								

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres: IPARRAGUIRE LOZANO ARQUIMEDES

Profesión: INGENIERO MECANICO

CIP : 73016

  
 Arquímedes Iparraquirre Lozano  
 ING. MECANICO  
 R. CIP. 73016

**Firma Del Experto**



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

N°	ITEMS DE WPS Y PQR							OBSERVACIONES	
		PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD			
		SI	NO	SI	NO	SI	NO		
	<b>ITEMS EPS</b>								
1	Tipo Proceso	X		X		X			
2	Material base	X		X		X			
3	Material de aporte	X		X		X			
4	Tipo de unión	X		X		X			
5	Tipo de corriente	X		X		X			
6	Posición de soldeo	X		X		X			
7	Corriente (Amperio)	X		X		X			
8	Voltaje	X		X		X			
9	Velocidad de soldeo	X		X		X			
10	Número de pasadas	X		X		X			
	<b>ITEMS PQR</b>								
11	Inspección Visual	X		X		X			
12	Ensayo de tintas penetrantes	X		X		X			
13	Ensayos de doblado	X		X		X			
14	Tracción en metales	X		X		X			
<b>ASPECTO GENERALES</b>						SI	NO		
EL INSTRUMENTOS CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X		
<b>VALIDEZ</b>									
APLICABLE		X	NO APLICABLE						
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES									

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres: Valdeirama Campos, Edwin Ronald  
 Profesión: Ingeniero Mecánico  
 CIP : Ciencias Técnicas

  
 CIP: 189677  
**Firma Del Experto**



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

N°	ITEMS DE WPS Y PQR	PERTENENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
<b>ITEMS EPS</b>								
1	Tipo Proceso	X		X		X		
2	Material base	X		X		X		
3	Material de aporte	X		X		X		
4	Tipo de unión	X		X		X		
5	Tipo de corriente	X		X		X		
6	Posición de soldeo	X		X		X		
7	Corriente (Amperio)	X		X		X		
8	Voltaje	X		X		X		
9	Velocidad de soldeo	X		X		X		
10	Número de pasadas	X		X		X		
<b>ITEMS PQR</b>								
11	Inspección Visual	X		X		X		
12	Ensayo de tintas penetrantes	X		X		X		
13	Ensayos de doblado	X		X		X		
14	Tracción en metales	X		X		X		
<b>ASPECTO GENERALES</b>						SI	NO	
EL INSTRUMENTOS CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA INTERPRETAR.							X	
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION							X	
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER INFORMACION							X	
<b>VALIDEZ</b>								
APLICABLE			X	NO APLICABLE				
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES								

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres: IPARRAGUIRE LOZANO ARQUIMEDES

Profesión: INGENIERO MECANICO

CIP : 73016

  
 Arquimedes Iparraguirre Lozano  
 ING. MECANICO  
 R. CIP. 73016

**Firma Del Experto**