



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL PROCESO DE SOLDADURA GTAW Y SU INCIDENCIA EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN JUNTAS A TOPE DEL ACERO AISI
304 EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

AUTOR: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana

TUTOR: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

AMBATO - ECUADOR

Enero - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema “**ANÁLISIS DEL PROCESO DE SOLDADURA GTAW Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN JUNTAS A TOPE DEL ACERO AISI 304 EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**” desarrollado por el estudiante, Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804424685 estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2023



.....
Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana**, con C.I. 180442468-5 declaro que todas los contenidos, ideas, criterios y actividades expuestas en el presente Trabajo Experimental con el tema “**ANÁLISIS DEL PROCESO DE SOLDADURA GTAW Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN JUNTAS A TOPE DEL ACERO AISI 304 EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**”, así como también los contenidos de análisis estadístico, ensayos realizados, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2023



.....
Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana
C.I. 1804424685
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2023



.....
Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana
C.I. 1804424685
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

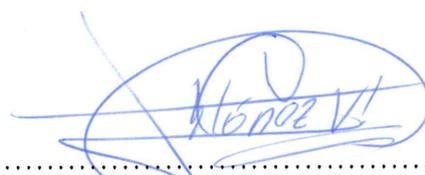
Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE SOLDADURA GTAW Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN JUNTAS A TOPE DEL ACERO AISI 304 EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”.

Ambato, enero 2023

Por constancia firman:



.....
Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino
MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres Hugo Pazmiño y Lorena Chimbana quienes fueron el pilar fundamental para llegar a cumplir la meta mediante sus palabras de aliento y apoyo incondicional.

A mi hermana Victoria Pazmiño, por su acompañamiento en toda mi carrera universitaria mostrando siempre un apoyo en los momentos más difíciles y a todas las personas que creyeron y confiaron en mí impulsándome a ser una persona profesional.

JONATHAN PAZMIÑO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar una etapa más en vida mediante su sabiduría y fortaleza en los momentos más difíciles en mi vida.

A mi familia Hugo Pazmiño, Lorena Chimbana y Victoria Pazmiño por ese apoyo incondicional durante todo este tiempo siendo el motor principal para superar cada obstáculo que se presentó en este viaje de mi Carrera Universitaria.

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme formarme profesionalmente con la impartición de conocimientos de cada uno de los docentes, especialmente agradecer a mi tutor Ing. Henry Vaca quien me supo brindar su tiempo y ayuda para culminar el presente trabajo de manera exitosa.

Finalmente agradezco aquellas personas que siempre creyeron en mis capacidades y metas durante mi Carrera Universitaria que nunca me dejaron de dar consejos constructivos.

JONATHAN PAZMIÑO

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Tema de la Investigación:	1
1.2. Antecedentes investigativos:.....	1
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	6
2. FUNDAMENTACIÓN.....	6
2.1. Fundamentación Teórica.....	6
2.1.1. Soldadura.....	6
2.1.2. Clasificación de la soldadura.....	6
2.1.2.1. Soldadura fuerte - Brazing.....	7
2.1.2.2. Soldadura Blanda – Soldering	7
2.1.2.3. Soldadura por presión	8

2.1.2.4.	Soldadura por Fusión	9
2.1.3.	Métodos de aplicación en procesos de soldadura:.....	9
2.1.4.	Soldadura GTAW	10
2.1.4.1.	Principios del Proceso GTAW-TIG:.....	11
2.1.4.2.	Equipo y unidad de la soldadura GTAW-TIG.....	12
2.1.4.3.	Gas protector de la soldadura GTAW-TIG.....	13
2.1.4.4.	Gases de protección empleados en el proceso de soldadura GTAW/ TIG	15
2.1.4.5.	Características, aplicaciones y ventajas del Argón, helio y nitrógeno.....	16
2.1.5.	Tipos de juntas en procesos de soldadura.....	19
2.1.5.1.	Unión empalmada o tope	21
2.1.5.2.	Unión a traslape, solapado, o superpuesta	21
2.1.5.3.	Unión de esquinas	22
2.1.5.4.	Unión de borde.....	22
2.1.5.5.	Unión en ranura	23
2.1.6.	Zonas del cordón de soldadura:	23
2.1.7.	Diseño de las Uniones:	24
2.1.8.	Preparación de la soldadura para aceros Inoxidables	24
2.1.8.1.	Corte y preparación de las juntas para acero inoxidable	24
2.1.8.2.	Diseño de juntas para acero Inoxidable	25
2.1.8.3.	Limpieza de juntas en la preparación de la soldadura	27
2.1.8.4.	Óxido y otras capas superficiales.....	27
2.1.8.5.	Punteado de la soldadura	28
2.1.9.	Acero Inoxidable	29
2.1.9.1.	Características de los aceros Inoxidable Austeníticos	29
2.1.9.2.	Ventajas de los aceros inoxidables	30
2.1.9.3.	Principales elementos de aleación en aceros Inoxidables y su influencia	31

2.1.9.4.	Clasificación de los aceros Inoxidables	32
2.1.9.5.	Acero Inoxidable su composición y estructura.....	33
2.1.9.6.	Análisis del diagrama cromo – Hierro:.....	34
2.1.9.7.	Influencia del carbono ampliando el bucle gamma	35
2.1.9.8.	Diagrama de Schaeffler	36
2.1.9.9.	Aceros inoxidables austeníticos (serie 300).....	37
2.1.9.9.1.	Acero Inoxidable AISI 304:.....	39
2.1.9.9.2.	Tratamiento Térmico	40
2.1.9.9.3.	Propiedades físicas de los aceros inoxidables austeníticos.....	41
2.1.9.10.	Electrodos y varillas de aporte.....	43
2.1.9.10.1.	Electrodos de tungsteno	43
2.1.9.10.2.	Varillas de aporte para proceso TIG	46
2.1.9.11.	Propiedades mecánicas de los materiales	50
2.1.9.11.1.	Ensayo a tracción	50
2.1.9.11.2.	Ensayo de impacto (Charpy).....	52
2.1.9.11.3.	Ensayo de dureza.....	53
2.1.9.11.3.1.	Dureza Brinell	54
2.1.9.11.4.	Ensayo de espectrometría.....	55
2.1.9.11.5.	Ensayo metalográfico:.....	55
2.2.	Fundamentación Filosófica	56
2.3.	Fundamentación Legal	56
2.4.	Red de categorías Fundamentales	57
2.5.	HIPÓTESIS	58
2.6.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	58
2.6.1.	Variable Independiente.....	58
2.6.2.	Variable Dependiente	58
CAPITULO III.....		59

3.1.	Enfoque	59
3.2.	Modalidad de la Investigación	59
3.3.	Niveles de la investigación.....	60
3.4.	Población y Muestra.....	60
3.5.	Operacionalización de las variables	63
3.6.	Recolección de la Información	65
3.7.	Procesamiento y Análisis	66
3.8.	Análisis e interpretación de los resultados	66
CAPÍTULO IV		67
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	67
4.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	67
4.1.1.	Proceso de obtención y análisis de resultados.....	67
4.2.	Tabulación y Representación de resultados	70
4.2.1.	Análisis del acero Inoxidable AISI 304	75
4.2.1.1.	Ensayo de espectrometría por fluorescencia de rayos X del Acero Inoxidable AISI 304.....	76
4.2.1.2.	Análisis metalográfico del Acero AISI 304.....	77
4.2.1.3.	Ensayo de tracción del acero ASI 304 sin material de aporte	78
4.2.1.4.	Ensayo de dureza Brinell HB del acero AISI 304 en la zona ZAT con material de aporte.....	81
4.2.1.5.	Ensayos de tracción del acero AISI 304 con material de aporte	82
4.2.1.6.	Ensayos de impacto del Aero inoxidable AISI 304 con material aporte100	
4.2.1.7.	Ensayos de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 en el cordón de soldadura con diferente material de aporte	112
4.3.	Interpretación de los Resultados	118
4.3.1.	Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción.....	118

4.3.2.	Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de dureza Brinell (HB)	125
4.3.3.	Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de Impacto	..... 130
4.4.	Verificación de la hipótesis	..... 136
4.4.1.	Formulación de la Hipótesis:	..... 140
4.4.1.1.	Cálculo de la frecuencia esperada o teórica:	..... 140
4.4.2.	Selección del material de aporte mediante el diagrama de Schaeffler con los datos analizados en su composición química del Material base AISI 304:	..... 147
	CAPÍTULO V	..... 154
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	..... 154
5.1.	Conclusiones:	..... 154
5.2.	Recomendaciones:	..... 156
	BIBLIOGRAFÍA:	..... 159
	ANEXOS	..... 164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la soldadura [3]	6
Tabla 2: Materiales de aporte empleados en soldadura blanda [14].	8
Tabla 3: Gases empleados en el proceso de soldadura GTAW/TIG [21].	15
Tabla 4: Argón características, aplicaciones y ventajas [19,22].	16
Tabla 5: Helio características, aplicaciones y ventajas [19,22].	17
Tabla 6: Nitrógeno características, aplicaciones y ventajas [22, 23].	18
Tabla 7: Tipo de juntas según la Norma AWS A3.0 [26].	20
Tabla 8: Fórmulas para el diseño de juntas a Traslape [27].	22
Tabla 9: Métodos de corte para acero inoxidable [30].	25
Tabla 10: Juntas de soldadura para chapas y planchas en acero Inoxidable [30].	26
Tabla 11: Temperatura de fusión de metales y óxidos metálicos [30].	28
Tabla 12: Cromo, Níquel y Molibdeno principales elementos en aceros inoxidables [32].	31
Tabla 13: Clasificación de los aceros inoxidables según la AISI [34].	33
Tabla 14: Características técnicas del acero Inoxidable serie 300 [48].	38
Tabla 15: Acero inoxidable AISI 304 especificaciones y aplicaciones [39].	39
Tabla 16: Composición Química del acero inoxidable 304 según la norma ASTM A240 [38].	39
Tabla 17: Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304 según la norma ASTM A240 [38].	40
Tabla 18: Aceros Inoxidables serie 300 descripción y aplicaciones comunes [40]. .	41
Tabla 19: Influencia de las propiedades físicas en la soldadura de aceros inoxidables austeníticos, comparados con el acero al carbono [30].	42
Tabla 20: Tipos de electrodos de tungsteno para proceso TIG [41].	44
Tabla 21: Varillas de Aporte dependiendo del material [42].	46
Tabla 22: Varilla de Aporte AWS ER308L [43].	47
Tabla 23: Varilla de Aporte AWS ER309L [43].	48
Tabla 24: Varilla de Aporte AWS ER316L [43].	49
Tabla 25: Matriz de Variables.....	60
Tabla 26: Distribución de combinaciones.....	61
Tabla 27: Variable Independiente	64
Tabla 28: Variable Dependiente.....	65

Tabla 29: Datos técnicos del Acero AISI 304 de acuerdo con la NORMA ASTM A240	75
Tabla 30: Análisis del ensayo de Espectrometría del ACERO AISI 340	76
Tabla 31: Análisis del ensayo metalográfico del acero AISI 304	77
Tabla 32: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 sin material de aporte	78
Tabla 33: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 en la zona ZAT con material de aporte ER308L soldadura a Bisel.....	81
Tabla 34: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a tope	82
Tabla 35: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a tope	85
Tabla 36: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a tope	88
Tabla 37: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel.....	91
Tabla 38: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel.....	94
Tabla 39: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel.....	97
Tabla 40: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a tope	100
Tabla 41: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a tope	102
Tabla 42: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a tope	104
Tabla 43: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel.....	106
Tabla 44: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel.....	108
Tabla 45: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel.....	110

Tabla 46: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Tope.....	112
Tabla 47: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L	113
Tabla 48: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Tope.....	114
Tabla 49: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel.....	115
Tabla 50: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel.....	116
Tabla 51: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel.....	117
Tabla 52: Datos obtenidos del ensayo del Acero AISI 304 sin material de aporte..	118
Tabla 53: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW.....	118
Tabla 54: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW.....	118
Tabla 55: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW.....	119
Tabla 56: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW.....	119
Tabla 57: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW.....	120
Tabla 58: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW.....	120
Tabla 59: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en el Acero AISI 304 sin material de aporte.....	126
Tabla 60: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en la zona afectada térmicamente ZAT del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L.....	126
Tabla 61: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW	126
Tabla 62: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW	127

Tabla 63: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW	127
Tabla 64: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW	127
Tabla 65: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW	128
Tabla 66: Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW	128
Tabla 67: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW	131
Tabla 68: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW	131
Tabla 69: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW	131
Tabla 70: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW	132
Tabla 71: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW	132
Tabla 72: Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW	132
Tabla 73: Datos observados en los ensayos a tracción del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte. .	136
Tabla 74: Datos observados en los ensayos de dureza Brinell del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte.....	138
Tabla 75: Datos observados en los ensayos de impacto (CHARPY) del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte.....	139
Tabla 76: Frecuencia Observada datos tomados de los ensayos.....	141
Tabla 77: Frecuencia Esperada	142
Tabla 78: Tabla de Distribución χ^2 Pearson [46].....	143
Tabla 79: Composición química del acero inoxidable AISI 304	147
Tabla 80: Composición química del material de aporte ER308L [32].	148

Tabla 81: Composición química del material de aporte ER309L [32].	148
Tabla 82: Composición química del material de aporte ER316L [32].	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del ensayo de tracción [10].	4
Figura 2: Esquema del ensayo de Impacto [11].	4
Figura 3: Esquema del Ensayo de Dureza Brinell [12].	5
Figura 4: Proceso de soldadura [2].	6
Figura 5: Soldadura fuerte [4].	7
Figura 6: Soldadura Blanda [14].	7
Figura 7: Soldadura por resistencia eléctrica [16].	8
Figura 8: Clasificación de la soldadura [17].	9
Figura 9: Soldadura GTAW [19].	10
Figura 10: Esquema del equipo del proceso GTAW [17].	11
Figura 11: Descripción del Proceso GTAW [17].	12
Figura 12: Unidad de soldadura GTAW [22].	13
Figura 13: Identificación de las botellas para procesos de soldadura [21].	14
Figura 14: Unión a tope [26].	21
Figura 15: Unión de esquinas [26].	22
Figura 16: Unión de borde [26].	23
Figura 17: Unión en ranura [6].	23
Figura 18: Zonas del cordón de soldadura [28].	24
Figura 19: Correctas secuencia de punteadas [30].	28
Figura 20: Punteadas realizadas de un solo lado (incorrecto) [30].	28
Figura 21: Acero Inoxidable [31].	29
Figura 22: Acero Inoxidable Austenítico [31].	30
Figura 23: Acero Inoxidable AISI 304 [33].	31
Figura 24: Árbol genealógico de los aceros inoxidables [34].	32
Figura 25: (a) aceros inoxidables en función del cromo y níquel, (b) Aceros Inoxidable en función del cromo y carbono.	33
Figura 26: Diagrama de fase hierro-cromo (Fe-Cr) [35].	34
Figura 27: Diagramas de fases Cromo-Hierro [32].	34
Figura 28: Diagrama de influencia del carbono ampliando el bucle gamma [32].	35
Figura 29: Diagrama de schaeffler [19].	36
Figura 30: Requisitos de resistencia a la tracción y a la fluencia [38].	37

Figura 31: Clasificación de los electrodos de tungsteno de acuerdo a la Norma AWS A5.12 [19].	43
Figura 32: Máquina para la elaboración de pruebas a tracción uniaxial [11].	50
Figura 33: Dimensionamiento de las probetas planas para ensayos a tracción de acuerdo con la norma ASTM E8.	51
Figura 34: Curva Esfuerzo (PSI) vs DEFORMACIÓN (plg/plg) [11].	52
Figura 35: a) Prueba charpy y prueba Izod b) Dimensiones de las probetas según la Norma ASTM E23 [11].	53
Figura 36: Técnicas para el ensayo de dureza [11].	54
Figura 37: Esquema de Dureza Brinell [12].	54
Figura 38: Pistola para ensayo de Espectrometría [9].	55
Figura 39: Diagrama del proceso de obtención y análisis de resultados	70
Figura 40: Diagrama de fase Fe-C-Cr con 17% Cr [49].	77
Figura 41: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción del acero AISI 304 soldadura a tope con material de aporte VS la resistencia a la tracción del material base AISI 304 sin material de aporte	121
Figura 42: Comparación de los resultados obtenidos del límite de fluencia (S_y) con material de aporte soldadura a tope VS el límite de fluencia (S_y) del material base AISI 304 sin material de aporte.	122
Figura 43: Comparación de los resultados obtenidos del porcentaje de elongación (%) con material de aporte soldadura a tope VS el porcentaje de elongación (%) del material base AISI 304 sin material de aporte.	122
Figura 44: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción del acero AISI 304 soldadura a bisel con material de aporte VS la resistencia a la tracción del material base AISI 304 sin material de aporte	123
Figura 45: Comparación de los resultados obtenidos del límite de fluencia (S_y) con material de aporte soldadura a bisel VS el límite de fluencia del material base AISI 304 sin material de aporte.	124
Figura 46: Comparación de los resultados obtenidos del porcentaje de elongación (%) con material de aporte soldadura a bisel VS el porcentaje de elongación (%) del material base AISI 304 sin material de aporte.	125

Figura 47: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte soldadura a tope vs Dureza en el material base AISI 304.	129
Figura 48: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte soldadura a bisel vs Dureza en el material base AISI 304.	129
Figura 49: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte ER308L soldadura a tope vs Dureza Brinell en la zona afectada térmicamente con material de aporte ER308L vs Dureza Brinell en el material base AISI 304.....	130
Figura 50: Comparación de los resultados de la energía absorbida (J) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a tope y proceso GTAW con variación del material de aporte.	133
Figura 51: Comparación de los resultados de la resistencia al impacto (J/cm ²) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a tope y proceso GTAW con variación del material de aporte.	134
Figura 52: Comparación de los resultados de la energía absorbida (J) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a bisel y proceso GTAW con variación del material de aporte.	134
Figura 53: Comparación de los resultados de la resistencia al impacto (J/cm ²) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a bisel y proceso GTAW con variación del material de aporte.	135
Figura 54: Relación de los datos obtenidos en resistencia a la tracción (MPa).....	144
Figura 55: Relación de los datos obtenidos del límite de fluencia (MPa)	145
Figura 56: Relación de los datos del porcentaje de elongación (%)	145
Figura 57: Relación de los datos de la dureza Brinell HB	146
Figura 58: Relación de los datos de la energía absorbida (J).....	146
Figura 59: Relación de los datos de la resistencia al impacto (J/cm ²)	147
Figura 60: Diagrama de Schaeffler [19].	152
Figura 61: Zonas críticas diagrama de Schaeffler [19].....	153

RESUMEN

En la industria alimenticia se ha observado que en la elaboración de tolvas no existe un análisis de las propiedades mecánicas en las juntas de soldadura a tope y bisel empleando acero inoxidable AISI 304 con material de aporte ER308L, ER309L y ER316L mediante un proceso de soldadura GTAW. Entre las propiedades mecánicas más relevantes destacamos la resistencia a la tracción MPa, dureza Brinell (HB) y energía absorbida (J), estas propiedades mecánicas pueden variar por el tipo de junta, espesor y material de aporte.

El desarrollo de este trabajo investigativo está basado en la norma AWS D1.6 en la cual se establece parámetros generales de soldadura para los aceros inoxidables, para la soldadura a tope y bisel de la placa a 6 mm de espesor se necesitó el pase de raíz, el pase en caliente y el pase de acabado mientras que para la soldadura en placas de 3mm de espesor se llevó a cabo 2 pases el de raíz y acabado. Los ensayos mecánicos fueron ejecutados en el centro de fomento carroceros de la ciudad de Ambato y con la ayuda de técnicos preparados se obtuvieron datos más precisos de cada ensayo realizado. Los datos obtenidos en los equipos fueron tabulados para relacionarlos y poder determinar que material de aporte nos brinda un mejor comportamiento mecánico al soldar acero AISI 304.

Palabras claves: Soldadura, Propiedades mecánicas, Resistencia a tracción, Impacto, Dureza, Material de aporte, Juntas a tope, Juntas a bisel, Pases de soldadura

ABSTRACT

In the food industry, it has been observed that in the manufacture of hoppers there is no analysis of the mechanical properties in butt and bevel weld joints using AISI 304 stainless steel with ER308L, ER309L and ER316L filler material through a GTAW welding process. Among the most relevant mechanical properties we highlight the tensile strength MPa, Brinell hardness (HB) and absorbed energy (J), these mechanical properties can vary by the type of joint, thickness and filler material.

The development of this investigative work is based on the AWS D1.6 standard, which establishes general welding parameters for stainless steels, for butt and bevel welding of the plate at 6 mm thickness, the root pass was required., the hot pass and the finish pass while for welding on 3mm thick plates, 2 root and finish passes were carried out. The mechanical tests were carried out in the body building development center of the city of Ambato and with the help of trained technicians, more precise data was obtained from each test carried out. The data obtained in the equipment were tabulated to relate them and to be able to determine which filler material gives us a better mechanical behavior when welding AISI 304 steels.

Keywords: Welding, Mechanical properties, Tensile strength, Impact, Hardness, Filler material, Butt joints, Bevel joints, Weld passes

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. Tema de la Investigación:

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE SOLDADURA GTAW Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN JUNTAS A TOPE DEL ACERO AISI 304 EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”

1.2. Antecedentes investigativos:

En el mundo Industrial el proceso de soldadura GTAW ha tenido un gran impacto debido a su excelente calidad en la soldadura además es conocida comúnmente por sus siglas como Gas Tungsten Arc Welding o a su vez es también dominado como proceso TIG (tungsten Iner Gast). Este proceso sin duda fue desarrollada y experimentada en los años 1930 con el fin de cubrir la demanda de producción de armamento [1].

Hobart y Devers son las primeras personas en emplear y utilizar el proceso TIG para soldar uniones mediante la generación de un arco eléctrico. Este arco eléctrico se produce entre un electrodo no consumible y un material base dentro la cual es combinada con un gas inerte. Sin duda Hobart y Devers obtuvieron la patente en la década de 1930, pero estas no fueron concedidas para fines comerciales debido al alto costo del gas [1].

Rusell Meredith en 1941 es quien mejoró el proceso de soldadura GTAW, ya quien fue el primero en desarrollar la antorcha facilitado de esta forma la sujeción del electrodo de tungsteno y así poderlo proteger con el gas inerte. Rusell Meredith trabajaba en una empresa de aeronaves estadounidenses conocida como Northrop Aircraft. Ya en 1942 la patente fue emitida para poderlo conocer este proceso como HELIARC esto se debe a que el proceso fue desarrollado con helio y argón, pero con el trascurso del tiempo se lo denominó como TIG debido a la necesidad de llevar a cabo un proceso de soldadura con el magnesio en el mundo aeronáutico [1].

El Estudio llevado a cabo por el Ing. Leonardo Carrasco da a conocer una descripción del proceso TIG de forma general en cual nos menciona que este proceso emplea un electrodo de tungsteno (no consumible), así mismo este dispone de una antorcha o pistola encargada de generar el arco eléctrico necesaria y adecuada para lograr obtener la temperatura para poder fundir el material de aporte. De igual manera en la antorcha se libera el gas inerte con el fin de proporcionar una capa protectora para así poder aislar el

oxígeno del medio ambiente con nuestro cordón de soldadura y así podemos evitar de diferentes problemas en las uniones soldadas llevadas a cabo por este proceso TIG [2].

Esta presente investigación tiene como principal interés investigar y analizar las propiedades mecánicas al emplear proceso de soldadura GTAW en acero AISI 304 esto se debe a que estos tipos de aceros son los más comunes en su clasificación austenítica ya que son empleados en la fabricación de equipos químicos, equipos para procesamientos de alimentos como por ejemplo en la fabricación de tolvas, en usos arquitectónicos y entre otros por mencionar. Según la compañía INDURA la cual es encargada de desarrollar e implementar soluciones tecnológicas en procesos de soldadura para el desarrollo productivo en los diferentes mercados. La compañía INDURA afirma que el acero inoxidable fue descubierto por accidente antes de la primera Guerra Mundial por un comerciante Frances, este sujeto se dio cuenta que entre la chatarra un cañón permanecía brillante y limpio a comparación de los demás cañones que se hallaban totalmente oxidados. En ese tiempo según las investigaciones revelaron que al acero básico se le añadió una cantidad excesiva de cromo y de esta manera se habría descubierto al acero Inoxidable [3].

En el año 1905 y 1906 el acero inoxidable fue estudiado por primera vez tanto metalúrgica y mecánicamente por el francés Qillet, el cual afirmó que en este tipo de acero se divide en tres tipos basados en su composición entre la que destaco a los Austeníticos, Ferríticos, y Martensíticos. Ya entre los años de 1908 y 1910 el investigador alemán Monnartz nos dio a conocer que la inoxidable de estos tipos de aceros se basa en el porcentaje de cromo característico de estos tipos materiales el cual debe ser del 11%. Por otro lado, el molibdeno es otro de los elementos principales obteniendo altas resistencia a la corrosión [3].

Para el interés de esta presente investigación es muy importante conocer que los ensayos en cualquier tipo de material es de gran importancia por ejemplo en su investigación el Ingeniero Felipe Espinoza los ensayos mecánicos se los realiza con el fin de conocer u obtener información relevante acerca de la calidad del material o producto, así mismo afirma que de un ensayo se puede obtener nueva información que ayudaría a mejorar el material o producto y finalmente nos revela que en un ensayo se puede obtener mediciones exactas de las propiedades del material a ser ensayado esto nos ayudaría a conocer el equipo necesario y medición a ser empleada en próximos ensayos [4].

En la actualidad Existen Organizaciones Internacionales que establecen normas técnicas para ejecutar ensayos en materiales distintos como es la Norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales). La Norma ASTM establece formulas, recomendaciones, dimensionamientos de nuestras probetas y otras por mencionar. Sin duda esta norma nos ayudará a llevar a cabo nuestros ensayos de tracción, impacto, dureza y metalográfico de una correcta manera para así poder obtener datos verídicos y poderlos interpretar de una correcta manera [5].

1.3.Justificación:

La soldadura es un proceso metalúrgico que hoy en día juega un rol muy importante en diferentes ramas industriales, ya que mediante este proceso se puede llevar a cabo la creación de productos confiables y seguros [5]. En la mayoría de los procesos de soldadura implica la generación de altas temperaturas con el fin de hacer posible la unión de los metales a ser soldados. Dentro de este proceso existe diferentes tipos de problemas y uno de los principales es el estudio del comportamiento de los metales dentro de este proceso ya que sufren cambios al ser combinados con agentes atmosféricos [6].

Por otro lado, este trabajo experimental tiene como finalidad ejecutar una línea investigativa la cual permita analizar y entender de una mejor manera el comportamiento de la soldadura GTAW en un acero AISI 304 empleada en la industria alimenticia por ejemplo en la fabricación de tolvas, buscando de esta manera mejorar este procedimiento mediante análisis mecánicos de soldadura [6]. Este proyecto está orientado a realizar un correcto análisis y estudio del proceso de soldadura GTAW para mejorar las condiciones producción de equipos sanitarios para la industria alimenticia en acero AISI 304, esto se lo hace debido a la gran competencia que existe en el mercado.

La soldadura GTAW (Gas-shielded Tungsten Arc Welding) es considerada como uno de los procesos más empleados en el campo industrial ya que permite soldar todo tipo de acero como el acero inoxidable, aleaciones, y aluminio. El proceso GTAW es muy utilizada para soldar juntas en la industria química, aeroespacial, nuclear y alimenticia esto se debe a su alta calidad que el proceso les permite obtener [7].

Determinar el correcto proceso de soldadura idóneo para cualquier ámbito de la industria metal mecánica o para alguna aplicación común puede llegar hacer muy complicado, esto se debe a que cada proceso funciona y reacciona de forma diferente con respecto a las características del material a ser soldado, así mismo existe diferentes normativas de

soldaduras en las cuales se manejan parámetros diferentes para la ejecución del proceso de soldadura [8]. El principal problema de esta investigación es determinar las propiedades mecánicas mediante ensayos para poder apreciar el desempeño mecánico del material y entre los principales ensayos a ser ejecutados destacamos los siguientes:

Ensayo de Espectrometría

- **Espectrometría:**

Este tipo de ensayo es considerado como una técnica analítica es decir es empleada para investigar la composición química de una muestra [9]. En nuestro caso será aplicada para verificar la composición química del Acero de construcción AISI 304 y así poder respaldar el tipo de acero utilizado en los ensayos mecánicos mediante una comparación de cada uno de sus elementos que conforman el material a catálogos o fichas técnicas.

Ensayos mecánicos a ser ejecutados:

- **Ensayo de Tracción:**

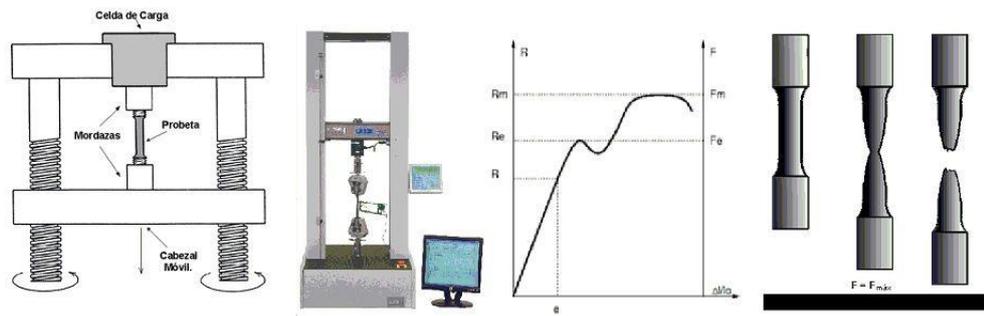


Figura 1: Esquema del ensayo de tracción [10].

- **Ensayo de Impacto:**

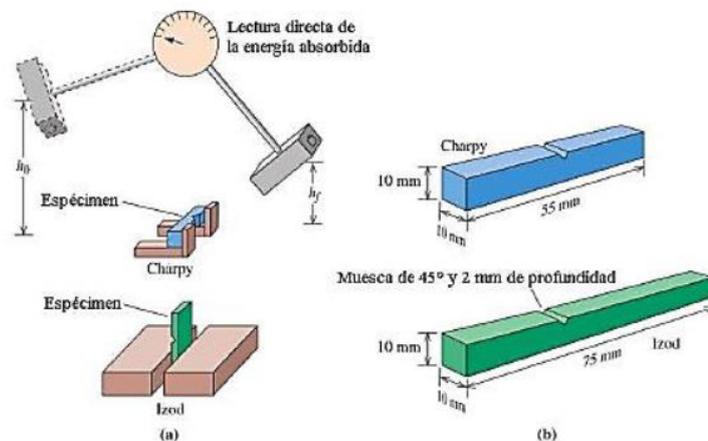


Figura 2: Esquema del ensayo de Impacto [11].

- **Ensayo de Dureza Brinell:**

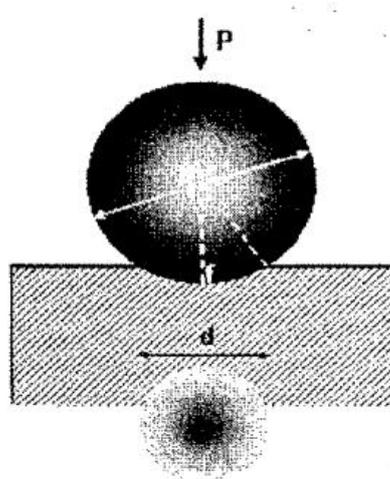


Figura 3: Esquema del Ensayo de Dureza Brinell [12].

La accesibilidad del Acero AISI 304 es uno de los puntos claves para la ejecución de este trabajo experimental ya que se dispone del material en diferentes puntos comercial de la Ciudad de Ambato y así mismo los ensayos mencionados anteriormente serán ejecutados en el “CENTRO DE FOMENTO CARROCERO DE LA CIUDAD DE AMBATO”

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Realizar el análisis de la influencia en las propiedades mecánicas al aplicar soldadura GTAW en las juntas de acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las variables fundamentales en el proceso de soldadura GTAW para la ejecución de los ensayos mecánicos y así poder determinar las propiedades mecánicas en cada una de estas.
- Ejecutar procesos de soldadura con diferentes tipos de material de aporte como ER308L, ER316L, ER309L para acero Inoxidable y así poder determinar las diferentes variaciones de las propiedades mecánicas en cada una de estas.
- Analizar los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos mecánicos a ser ejecutados por un proceso de soldadura GTAW en un acero AISI 304.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1.Fundamentación Teórica

2.1.1. Soldadura

Es un proceso de manufactura muy importante empleado en las diferentes áreas industriales, en donde se lleva a cabo la unión de dos materiales, esto se lo logra a través de la fusión es decir las piezas a ser soldadas se unirán cuando estas se derritan o a su vez agregando un material de relleno el cual tendrá un punto de fusión mucho menor al de las piezas a ser soldadas, para así poder conseguir un baño de material fundido que este al enfriarse se convertirá en una unión fuerte [1].



Figura 4: Proceso de soldadura [2].

2.1.2. Clasificación de la soldadura

Tabla 1: Clasificación de la soldadura [3]

Soldadura heterogénea:	Soldadura homogénea:	Soldadura autógena:
Es un tipo de soldadura en que la unión de las piezas a soldar se lo ejecuta por medio de una aportación de un metal diferente al de las piezas a soldar. Dentro de este tipo de soldadura se puede llevar a cabo los siguientes procesos de soldeo: <ul style="list-style-type: none">• Soldadura fuerte• Soldadura Blanda	Es aquella donde los metales base que se sueldan y material de aporte son de la misma naturaleza. Dentro de este tipo de soldadura se puede llevar a cabo los siguientes procesos de soldeo: <ul style="list-style-type: none">• Por presión• Por Fusión• Por presión y Fusión	Es aquella que se destaca por realizar el trabajo sin necesidad de material de aportación, es decir las piezas se unirán por medio de fusión de estos a ser soldados y estos al enfriarse forman un conjunto soldado.

2.1.2.1. Soldadura fuerte - Brazing

Esta soldadura es uno de los más utilizados en el campo industrial por ser compatibles para la mayoría de los metales y aleaciones. La soldadura fuerte se diferencia de la soldadura blanda por las altas temperaturas que llegan alcanzar en este tipo, así mismo sus juntas son más firmes, resistentes y soportan la tracción [4]. Por otro lado, la soldadura fuerte se caracteriza por ser un proceso ágil, económico y práctico a diferencia de otros procesos. El rango de temperatura en soldaduras fuertes es superior a los 450 °C, por otro lado se destaca por una gran uniformidad en sus uniones soldadas, proporcionando de esta manera un excelente acabado estético y buen comportamiento de estanqueidad ideales para aplicaciones que contenga líquidos [13].



Figura 5: Soldadura fuerte [4].

2.1.2.2. Soldadura Blanda – Soldering

Proceso de soldadura la cual consiste en unir dos piezas por medio del calor con la ayuda de un material de aporte y la cual se funde a temperaturas por debajo de 427 °C. La soldadura Blanda tiene como objetivo realizar uniones que proporcione una alta resistencia, simplificar aquellas operaciones mecánicas y desarrollar técnicas nuevas técnicas de producción sencilla que se adopten a este proceso. Vale recalcar que para ejecutar soldadura blanda existe diferentes tipos de métodos para llevar a cabo este proceso por ejemplo por resistencia eléctrica, soplete, ultrasonido, por inducción y entre otros por mencionar [14].

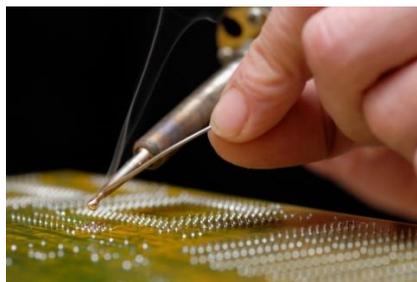


Figura 6: Soldadura Blanda [14].

La soldadura blanda emplea distintos materiales de aporte y cada uno de estos tienen una aplicación específica en el campo industrial como se observa en la tabla 2 a continuación [14]:

Tabla 2: Materiales de aporte empleados en soldadura blanda [14].

Material de aporte	Temperatura de Fusión (°C)	Aplicaciones
Plomo – Plata	305	Uniones sometidas a altas temperaturas
Estaño – Antimonio	240	Calefacción y en la Fontanería
Estaño – Plomo	190	Electricidad y Electrónica e incluso en la reparación de radiadores
Estaño – Plata	220	Envases alimenticios
Estaño – Zinc	200	En la elaboración de uniones de Aluminio
Estaño – Plata - Cobre	215	Electrónica

2.1.2.3. Soldadura por presión

Es aquel proceso el cual se lleva a cabo sin la aportación de algún material de aporte como los otros procesos que se los conoce comúnmente. Este proceso de soldadura se lo realiza por medio de presión que se lo aplicara en las superficies del material a ser unido calentándose de esta forma a temperaturas determinadas previamente para ser unidos. Dentro de la soldadura por presión destacan otros procesos comunes como son la soldadura por fragua y la soldadura por resistencia eléctrica [15].

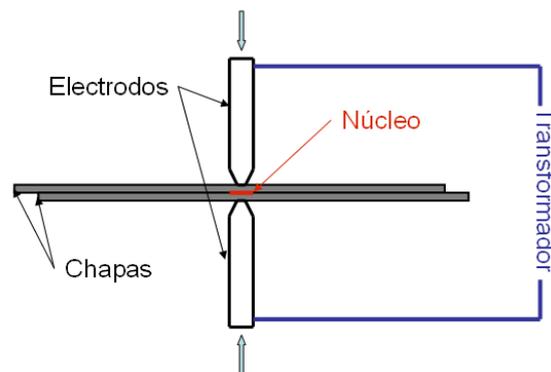


Figura 7: Soldadura por resistencia eléctrica [16].

2.1.2.4. Soldadura por Fusión

Proceso que basa su funcionamiento en el calor para lograr fundir el material así poderlos unir y formar un solo conjunto. La soldadura por fusión emplea un material de aporte con el propósito de mejorar las propiedades de las uniones realizadas en los materiales a ser unidos. Entre los procesos más comunes que destacan por fusión tenemos el de arco eléctrico protegido y la soldadura oxiacetilénica [17].

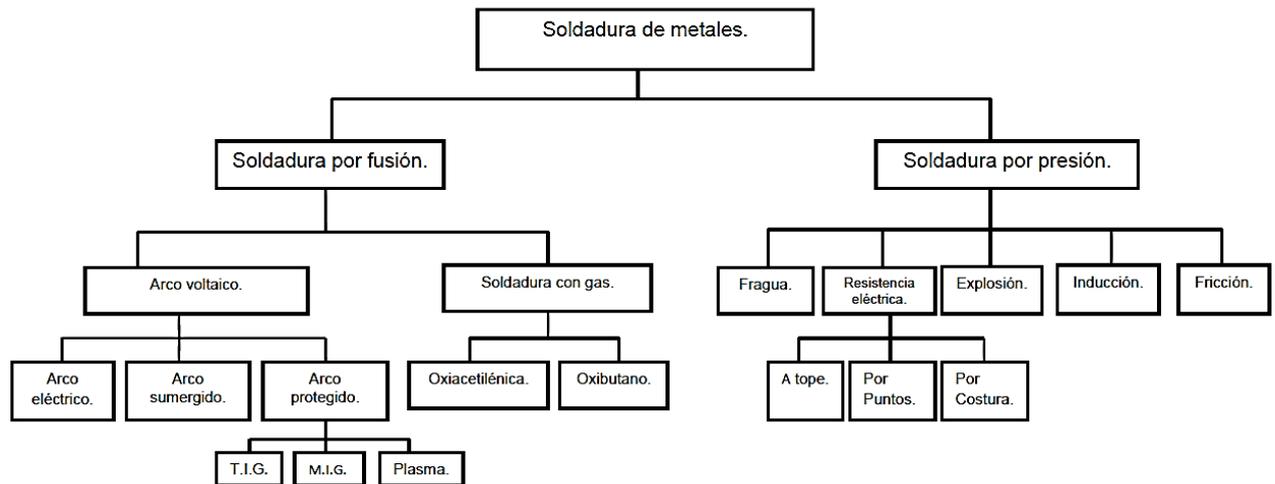


Figura 8: Clasificación de la soldadura [17].

2.1.3. Métodos de aplicación en procesos de soldadura:

De acuerdo con la norma Internacional AWS (American Welding Society) ha establecido 4 diversos métodos para llevar a cabo la aplicación de la soldadura en materiales, entre los que destaca a los siguientes:

- **Soldadura Manual (SM):** Es un tipo de soldadura que emplea un soplete, pistola o un portaelectrodos la cual se sujeta o a su vez puede ser manipulada manualmente. Vale recalcar que se puede emplear equipos de apoyo como por ejemplo dispositivos que nos ayuden a mover la pieza y alimentadores para nuestro material de aporte los cuales son operadas manualmente [18].
- **Soldadura Mecanizada (SME):** Es aquel proceso donde las operaciones de soldadura constan de un equipo que requiere de un ajuste manual por parte del operario conforme a la observación visual que se lo haga durante este proceso. Uno de los grandes ejemplos en soldadura Mecaniza son los pernos, estos pueden ser aquellos pernos con aplicaciones en superficies planas o no planas [18].

- **Soldadura Semiautomática (SA):** Es una soldadura Manual que consta de un equipo totalmente automático encargado de controlar las condiciones de soldadura durante su proceso [18].
- **Soldadura Automática :** Soldadura que necesita una inspección ocasional pero generalmente no requiere de ninguna observación de la soldadura ya que todas las condiciones de soldadura son ajustadas por un equipo en su totalidad [18].

2.1.4. Soldadura GTAW

Es un proceso de soldadura con electrodo de tungsteno bajo la protección de gas (inerte) y en ciertas ocasiones se emplea gases activos como el hidrogeno en pequeñas cantidades. El proceso de soldadura GTAW se adapta a todas las posiciones de soldadura, vale recalcar que este proceso también es conocido como proceso TIG (Tungsten Inert Gas) [19].

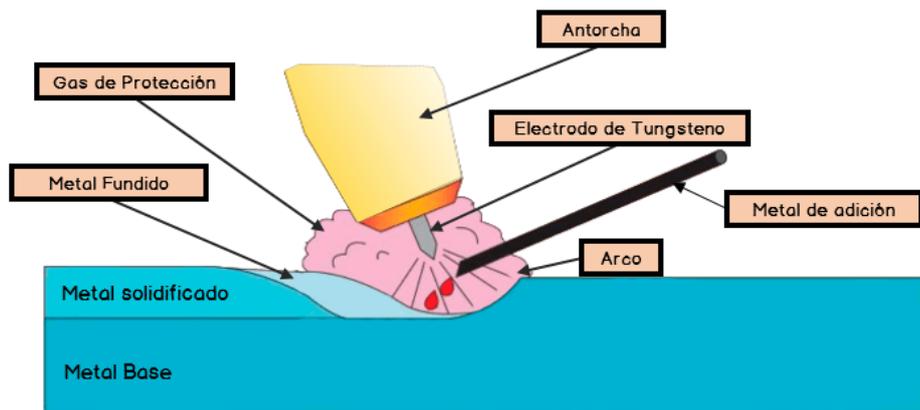


Figura 9:Soldadura GTAW [19].

Dentro del proceso GTAW se puede emplear gases (inertes) como el argón, helio o nitrógeno; por otro lado, en ciertas ocasiones se emplea hidrógeno e incluso se puede combinar hidrógeno con argón como gas de protección. Este proceso es ideal para aquellos aceros difíciles de soldar, así como para soldar metales con espesores muy delgados obteniendo de dicho proceso una alta calidad en sus cordones [19].

Este proceso fue desarrollado en un principio para soldar magnesio, las cuales son soldadas con la ayuda de electrodos de tungstenos que están ubicadas en la boquilla y a través de este se suministra un tipo de gas inerte como se lo menciono anteriormente puede ser argón o helio o la combinación de ambas, estas serán suministradas a baja presión garantizando de esta manera un flujo adecuado para rodear el arco y el metal fundido y así poder a su vez protegerlo de la atmósfera [20].

Vale recalcar que la temperatura del electrodo en este proceso GTAW no se consumirá a la temperatura del arco, así mismo la longitud de arco se mantiene constante ocasionando que esto sea fácil mantener. Por otro lado, al momento de querer soldar aluminio es necesario disponer de un equipo de alta frecuencia. En el caso de emplear metal de aportación, esto se lo suministrará separadamente [20].

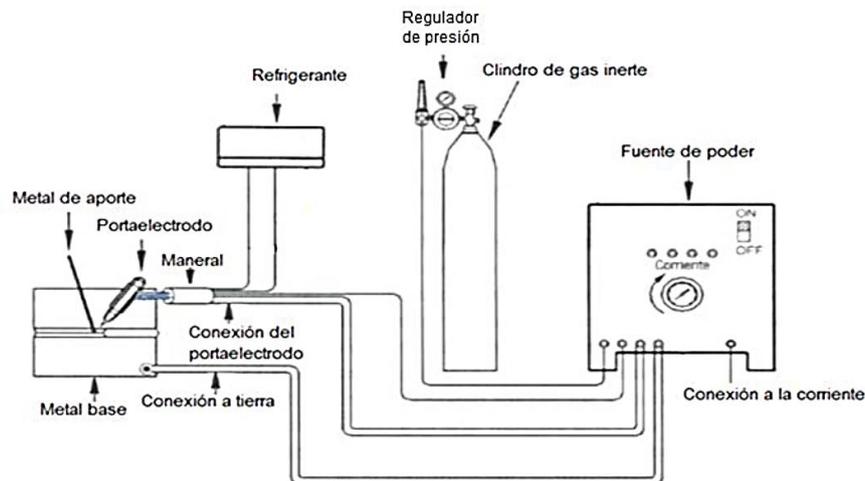


Figura 10: Esquema del equipo del proceso GTAW [17].

2.1.4.1. Principios del Proceso GTAW-TIG:

El proceso de soldadura GTAW se basa en 4 principios los cuales son la generación de un arco eléctrico, empleo de un material de aporte, un gas de protección y es una soldadura por fusión. Este tipo de soldadura permite emplear dos tipos de corrientes como es la corriente continua y alterna, en el caso de emplear corriente continua se obtendrá polaridad directa y es la ideal para este tipo de procesos ya que se obtiene un buen comportamiento en diferentes rango de amperaje y estos pueden ser altos o bajos (buena penetración). Mientras tanto si el trabajo es llevado a cabo con corriente alterna se obtendrá polaridad inversa ocasionando que el proceso de soldadura trabaje con rangos de amperaje bajo con el fin de evitar el sobrecalentamiento del electrodo que resultara difícil de soldar (poca penetración) [21]. Este proceso desprende una gran cantidad de electrodos los cuales fluyen desde nuestro polo negativo hacia al polo positivo esto lo realiza en una fracción de segundo. Los Electrodo circulan a muy altas velocidades las cuales colisionan con los obstáculos que se encuentra en su paso ocasionando de esta forma la generación de un arco (3500 °C) con capacidades de fundir cualquier tipo de metal ferroso, no ferroso y aleaciones. El proceso de soldadura GTAW se lo puede emplear para realizar trabajos de reparación y unión en mayoría de los tipos de metales, vale recalcar que es un proceso semiautomático. El método del proceso TIG aparte de

generar metal depositado de alta calidad es también encargado de producir cordones de soldadura suaves, resistentes, sin salpicaduras y evita la formación de escoria en los cordones, lo cual este proceso justifica su utilización en la mayoría de los campos industriales de los procesos de soldadura ya que nos ayuda obtener trabajos con excelente trabajo visual [21].

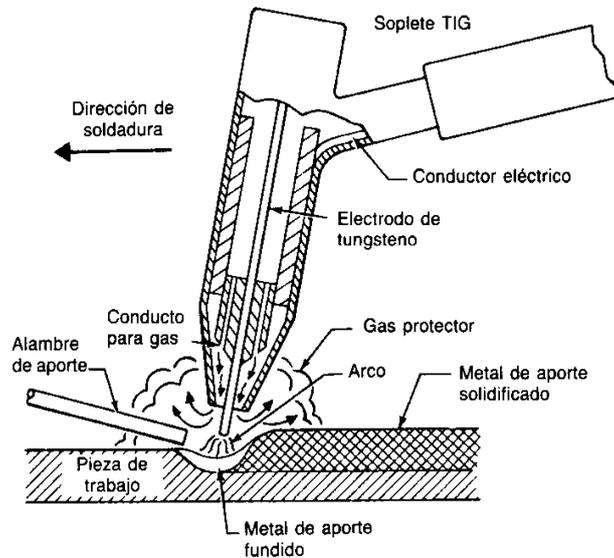


Figura 11: Descripción del Proceso GTAW [17].

2.1.4.2. Equipo y unidad de la soldadura GTAW-TIG

El proceso de soldadura TIG está constituida de 4 componentes principales como se los menciona a continuación:

- Unidad de alta frecuencia [21].
- Soplete o Antorcha [21].
- Unidad para protección del gas [21].
- Fuente para el suministro del agua para el enfriamiento [21].

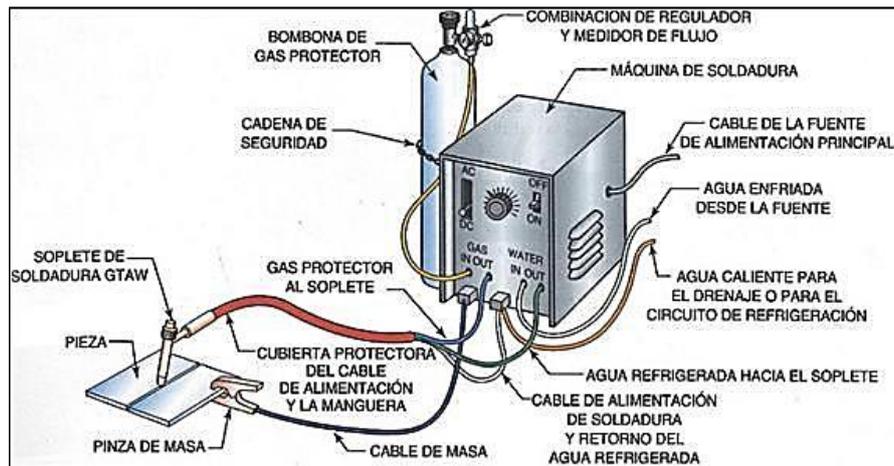


Figura 12: Unidad de soldadura GTAW [22].

2.1.4.3. Gas protector de la soldadura GTAW-TIG

El gas de protección dentro del proceso GTAW tiene como principal función proteger el electrodo y al baño de soldadura respectivamente de la atmosfera ya que este puede influir directamente las propiedades mecánicas del material depositado, así mismo ayuda a establecer el arco eléctrico, evita la oxidación y por último evita la absorción de nitrógeno durante dicho proceso [23]. Para hablar acerca de los gases de protección empleados en el proceso TIG se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Son gases inertes [21].
- En ciertas ocasiones se puede utilizar gases activos (hidrógeno) en pequeñas porciones [21].
- Los gases inertes deben cumplir con ciertas características apropiadas para su uso como por ejemplo tener buena densidad para obtener una excelente conductividad térmica, brindar buena protección y ofrecer un buen comportamiento en la ionización del arco eléctrico [21].

Identificación de botellas de gas para soldadura

Basado en UNE-EN 1089-3



Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:	Color de ojiva:
Verde intenso (RAL 6018)	Rojo (RAL 3000)	Verde oscuro (RAL 6001)	Marrón (RAL 8008)	Gris (RAL 7037)	Negro (RAL 9005)	Blanco (RAL 9010)	Rojo óxido (RAL 3009)
Mezclas de argón sin hidrógeno* Ferroline C8 Ferroline C18 Ferroline C25 Ferroline X4 Ferroline C6 X1 Ferroline C12 X2 Ferroline C5 X5 Inoxline X2 Inoxline C2 Inoxline He15 C2 Inoxline C3 X1 Inoxline N2 Inoxline He3 H1*	Mezclas de argón con hidrógeno Inoxline H3 Inoxline H5 Inoxline H7 Formiergas con hidrógeno Formiergas H5 Formiergas H10 Formiergas H15 Formiergas H20	Argón Argón técnico Argón 4.6 Argón 5.0 Argón 5.7 Argón 6.0	Helio Helio 4.6 Helio 5.0	Dióxido de carbono Dióxido de carbono	Nitrógeno Nitrógeno técnico Nitrógeno 4.5 Nitrógeno 5.0	Oxígeno Oxígeno técnico Oxígeno 4.5 Oxígeno 5.0	Acetileno Acetileno
Atuline He15 Atuline He30 Atuline He70 Atuline He15 N	Gases de combustión Hidrógeno Propano Propileno						

* Mezclas de argón con un contenido mínimo de hidrógeno que pueden llenarse en botellas de gases inertes.



- 1 N° UN y denominación completa del gas según ADR
- 2 Indicaciones de peligro y consejos de prudencia
- 3 Indicaciones del fabricante
- 4 Palabra de advertencia
- 5 Nombre, dirección y teléfono del fabricante
- 6 Denominación completa según ISO 14175
- 7 Nombre comercial
- 8 Pictograma

El número EC no se indica para mezclas de gas.

Pictogramas (enumeración incompleta)	
	N° 2.2 Gases no inflamables, no tóxicos Gases no inflamables, no tóxicos Riesgo de asfixia si el oxígeno está desplazado del aire. Riesgo en caso de que haya menos del 18% de oxígeno en el aire.
	N° 5.1 Materias comburentes Gases comburentes Riesgo de fuerte reacción. Puede llevar a incendios al estar en contacto con materias inflamables. Ropa, que ha estado en contacto con altas concentraciones del gas, puede inflamarse fácilmente.
	N° 2.1 Gases inflamables Gases inflamables Junto con el aire pueden formar mezclas inflamables.
	GHS04 Gases a presión Gas comprimido, licuado o disuelto. Depositar en un lugar con buena ventilación.

Nota: Si se indica la etiqueta de peligro 2.2, no es necesario añadir la de GHS 04.

Messer Ibérica de Gases SAU
Autovía Tarragona-Salou, km. 3,8
43480 Vilaseca (Tarragona)
Tel. +34 977 309 500
Fax +34 977 309 501
info.es@messergroup.com
www.messer.es

Part of the Messer World

Figura 13: Identificación de las botellas para procesos de soldadura [21].

La elección del gas dependerá del material a ser soldado, su dimensión y de las condiciones de soldeo. Existe otros parámetros por destacar entre los que mencionaremos a los siguientes:

- **Conductividad Térmica:** Este término está relacionado con la transmisión de calor, por ejemplo si se tiene una mayor conductividad térmica se obtendrá una buena transmisión de calor al formarse el arco eléctrico, esto deriva en un cordón mucho más ancho y mayor penetración con uniformidad en su estructura [21]
- **Densidad:** Parámetro de soldadura que hace referencia a la protección debido a que si se obtiene una mayor densidad será necesario disponer de un menor caudal del gas y de esta manera también se obtiene una mejor cobertura para ejecutar el proceso de soldeo [21].
- **La Energía de Ionización:** Esta es la energía que ayuda a formar el arco voltaico y además vale recalcar que la energía de ionización será diferente para cada tipo de gas. De manera resumida esta energía está relacionada directamente con la estabilidad del arco eléctrico, es decir si se tiene una mayor cantidad de energía de ionización existirá una mayor dificultad de establecer dicho arco en cambio si la estabilidad del arco es inadecuada existirá una mayor transmisión de calor sobre la pieza a ser soldada [21].

2.1.4.4. Gases de protección empleados en el proceso de soldadura GTAW/TIG

Los siguientes gases mencionados se los pueden emplear solos o a su vez mezclados entre los que destacamos a los siguientes:

Tabla 3: Gases empleados en el proceso de soldadura GTAW/TIG [21].

TIPO DE GAS	SIMBOLOGÍA
Argón	Ar
Helio	He
Argón + Helio	Ar + He
Argón + Hidrógeno	Ar + H

Argón + Nitrógeno	Ar + N
-------------------	--------

2.1.4.5. Características, aplicaciones y ventajas del Argón, helio y nitrógeno

Tabla 4: Argón características, aplicaciones y ventajas [19,22].

ARGÓN	
	<p>Características Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un gas denominado como monoatómico es decir constituido por un átomo. • Se caracteriza por ser incoloro, inodoro, insípido y no es tóxico. • Es llamado como “GAS RARO” debido a que existe en el aire en pequeñas cantidades. • Es considerado como gas inerte debido a que no se le puede mezclar químicamente con otros elementos dándole de esta manera la propiedad de poder ser usado como gas de protección contra la oxidación y convirtiéndole en un gas ideal para el uso en campos de procesos de soldadura y metalúrgicos. <p>Aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empleados para la ejecución de procesos de soldadura de aluminio y titanio mediante soldadura MIG. • Utilizados en procesos de soldadura TIG para la mayoría de los metales. • Para procesos de corte mediante arco de plasma • Fabricación de lámparas incandescentes y fluorescentes.

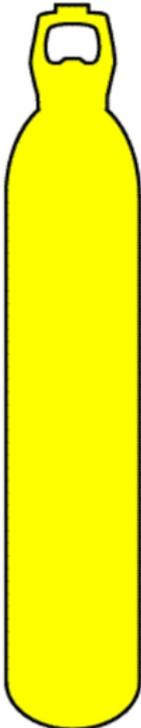
	<ul style="list-style-type: none"> • Empleados en la fabricación de los aceros inoxidables para evitar la oxidación del cromo.
	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buena estabilidad del arco • Su costo es relativamente bajo • Ideal para soldadura de espesores relativamente bajos • Su densidad es mucho más densa que el aire permitiendo obtener una alta cobertura de trabajo y además permite trabajar con diferentes caudales.

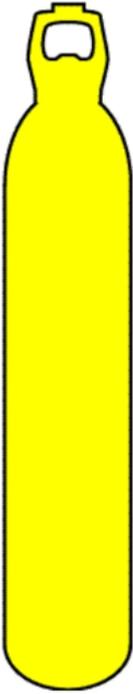
Tabla 5: Helio características, aplicaciones y ventajas [19,22].

HELIO	
	<p>Características Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Helio es el segundo elemento más liviano después del hidrógeno • Es un gas incoloro, insípido e inodoro • Químicamente es un gas inerte. • En el campo investigativo de la criogénica ha sido considerado de suma importancia debido a sus propiedades de permanecer en estado líquido en temperaturas que oscilan al cero absoluto (temperaturas lo más bajo posible) • No inflamable • No es explosivo
	<p>Aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empleado como gas inerte para ejecutar procesos de soldadura por arco eléctrico • Utilizados en la cromatografía (separación de mezclas complejas) • Para máquinas de soldadura por plasma y corte. • Empleados para inflar globos e incluso son solicitados como un gas para fiestas.

	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ideal para soldar espesores grandes • Se puede emplear altos amperajes para este tipo de elemento • Excelente conductividad térmica • Proporciona buena penetración y calidad en los cordones • Buena refrigeración en la pistola del equipo
---	--

Tabla 6: Nitrógeno características, aplicaciones y ventajas [22, 23].

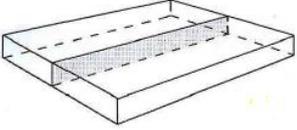
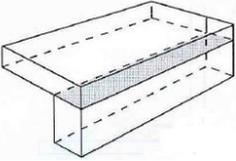
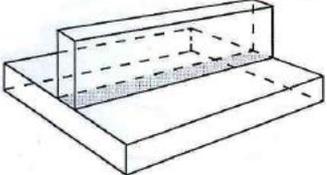
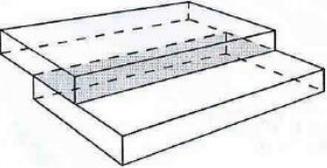
NITRÓGENO	
	<p>Características Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas incoloro e inodoro. • Gas inerte • No inflamable y se considera un gas que no alimenta la combustión • En su estado líquido (LN) a temperaturas bajas $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, tiene una amplia gama de aplicaciones. • Es el gas más utilizado por sus excelentes características como es su punto de fusión que oscila los $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$ • Su densidad es mayor que el aire brindándonos de esta manera una correcta cobertura de trabajo <p>Aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Purgación de los tanques de combustibles previos a procesos de soldadura • Acidificación (disminución del pH) de pozos petroleros. • Para tratamientos térmicos en los metales. • Para la Homogenización (elementos uniformes) de metales fundidos

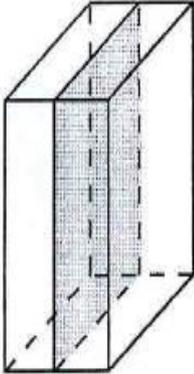
	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizados en la regeneración de catalizadores • Para combatir el fuego y explosiones • Mantener alimentos mediante la congelación • Para crear atmosferas inertes empleados para diversos propósitos
	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se lo puede emplear para diferentes tipos de espesores • Excelente penetración en soldadura • Elemento que ayuda evitar el contacto con el oxígeno del aire. • Bajo costo • Excelente soldadura de calidad.

2.1.5. Tipos de juntas en procesos de soldadura

Para realizar un proceso de soldadura es muy importante ejecutar la preparación del material a ser soldado para obtener de esta manera trabajos de buena calidad es decir tener cordones de soldadura con excelente penetración y a su vez compacta. La preparación del material a ser trabajada por algún tipo de proceso de soldadura consistirá en dar la forma de un bisel y esta a su vez incluye grados de inclinación dependiendo de la norma como lo establezca. Por otro lado, vale aclarar que la preparación depende mucho del espesor del material, tipo de proceso, amperaje y diámetro del electrodo. Una junta se considera como la unión entre elementos del mismo o diferente material en uno solo, esto se lo puede hacer por los extremos de los materiales, pero de la misma manera existe diferentes tipos de uniones como se lo puede observar a continuación:

Tabla 7: Tipo de juntas según la Norma AWS A3.0 [26].

Tipo de junta	Imagen	Soldaduras aplicables
Junta a tope		<ul style="list-style-type: none"> • Ranura con bisel • Ranura en escuadra • Ranura con bisel abocinada • Ranura en V abocinada • Ranura en J • Ranura en escuadra • Ranura en V • Ranura en U • Soldadura Fuerte
Junta en esquina		<ul style="list-style-type: none"> • Filete • Ranura con bisel • Ranura con bisel Abocinado • Ranura en V abocinado • Ranura en J • Ranura en escuadra • Ranura en U • Ranura en V • Tapón • En Ranura • Por puntos • Costura • Proyección • Soldadura Fuerte
Junta en T		<ul style="list-style-type: none"> • Filete • Ranura con bisel • Ranura con bisel Abocinado • Ranura en J • Ranura en escuadra • Tapón • En Ranura • Por puntos • Costura • Proyección • Soldadura Fuerte
Junta Traslapada		<ul style="list-style-type: none"> • Filete • Ranura con bisel • Ranura en J • Tapón • En Ranura • Por puntos • Soldadura Fuerte

Tipo de junta	Imagen	Soldaduras aplicables
Junta de Borde		<ul style="list-style-type: none"> • Ranura con bisel • Ranura con bisel Abocinado • Ranura en V abocinado • Ranura en J • Ranura en escuadra • Ranura en U • De borde • Costura • Por puntos • Proyección • Soldadura Fuerte

2.1.5.1.Unión empalmada o tope

La unión a tope es la más empleada para unir chapas las cuales están situadas en el mismo plano, vale recalcar que la unión a tope es aplicable para chapas que sean superiores a los 6 mm de espesor o superior. Por otro lado, es dispensable una preparación adecuada se sus bordes para que exista una penetración completa y esta constituya una perfecta calidad en la unión entre elementos a ser soldados [6].

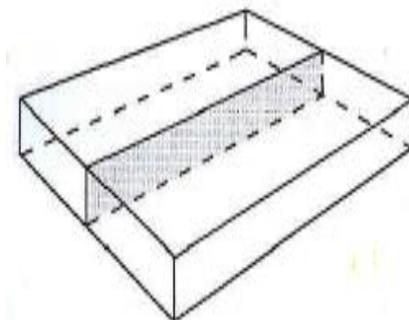


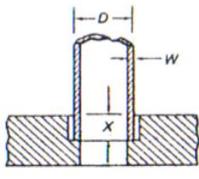
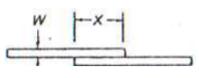
Figura 14: Unión a tope [26].

2.1.5.2.Unión a traslape, solapado, o superpuesta

Esta unión consiste en formar una junta de dos piezas las cuales van una sobre la otra ofreciendo de esta manera una resistencia mecánica excelente, este factor dependerá mucho de la penetración de los materiales a ser soldados. Por otro lado, los esfuerzos producidos en estos tipos de juntas son cortantes ya que estas juntas soportaran fuerzas

paralelamente a las superficies pero en sentido contrario pudiendo estos llegar a fracturar en su área transversal [6].

Tabla 8: Fórmulas para el diseño de juntas a Traslape [27].

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DE JUNTAS A TRASLAPE			
Forma de las juntas	Imagen	Fórmula	Donde
Tubulares		$X = \frac{W(D - W)Y * T}{L * D}$	<p>X: Longitud de Traslape (plg)</p> <p>W: Espesor del elemento más debil (plg)</p> <p>Y: Factor de seguridad (de 4 a 5)</p> <p>L: Resistencia al esfuerzo Cortante de la aleación de soldadura (PSI)</p> <p>T: Resistencia del elemento más debil (PSI)</p>
Planas		$X = \frac{Y * T * W}{L}$	

2.1.5.3. Unión de esquinas

Para realizar unión de esquinas es necesario ejecutar una soldadura por ambos lados, así mismo el número de pasadas dependerá del espesor del material y tamaño del cordón requerido

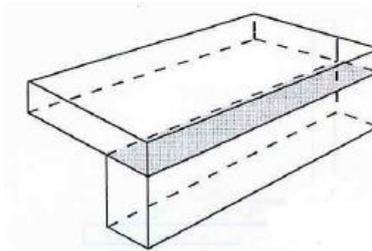


Figura 15: Unión de esquinas [26].

2.1.5.4. Unión de borde

Este tipo de unión y para todos los tipos de uniones es indispensable preparar los bordes del material mediante una correcta limpieza de los bordes es decir eliminar toda imperfección como puede ser óxidos, aceite, grasas, pinturas, o suciedades del ambiente.

Esta unión comúnmente es utilizada para espesores delgados sin la aportación del material de aporte como puede ser mediante un proceso TIG [6].

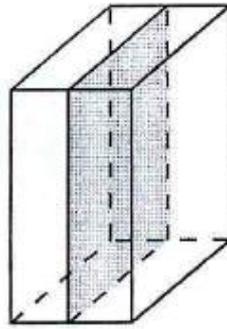


Figura 16: Unión de borde [26].

2.1.5.5. Unión en ranura

La unión en ranura son empleadas para unir placas planas, este proceso se lo realiza mediante uno o más ranuras o huecos las cuales están situadas en la parte superior de la placa para después rellenarlo con el material de aporte fundido uniendo así dichos elementos en uno solo [6].

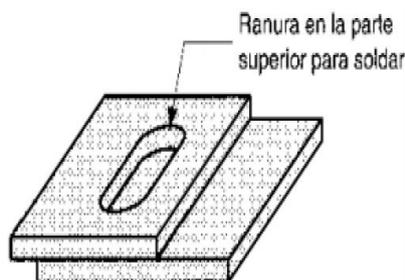


Figura 17: Unión en ranura [6].

2.1.6. Zonas del cordón de soldadura:

Dentro del cordón de soldadura existe tres partes definidas:

a) Zona de la soldadura:

Es aquella zona considera como la parte central del cordón de la soldadura la cual está formada por el metal de aportación [28].

b) Zona de penetración:

Zona donde las piezas son fundidas por medio de los electrodos, dentro de esto los términos de mayor o menor profundidad definen la zona de penetración de la soldadura. Vale recalcar que si la penetración es poca profunda es considerada como defectuosa [28].

c) **Zona de transición:**

Parte que se encuentra cerca a la de la zona de penetración y además esta soporta altas temperaturas provocando consecuencias como el origen de tensiones internas [28].

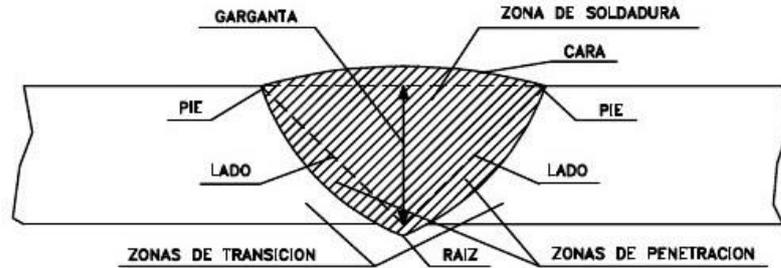


Figura 18: Zonas del cordón de soldadura [28]

2.1.7. Diseño de las Uniones:

- Las uniones soldadas son diseñadas en función de la resistencia mecánica y de la seguridad que este debe brindar en condiciones de servicio a las que serán sometidas [29].
- De la misma forma se debe tomar muy en cuenta los tipos de carga que las uniones soportaran ya que pueden ser dinámicas o a su vez carga estática. En el caso de la carga dinámica implica tomar en cuenta la resistencia a la fatiga y a la fractura. Obligando de esta manera diseñar uniones que ayuden a reducir los puntos de concentración de esfuerzos [29].
- Las típicas geometrías para uniones de soldaduras son realizadas por biselado con el fin de crear un chaflan [29].

2.1.8. Preparación de la soldadura para aceros Inoxidables

Para realizar procesos de soldadura en aceros inoxidables involucra un manejo más cuidadoso que cualquier otro material de acero comercial u ordinario tanto en su corte como su montaje. Por otro lado, los aceros inoxidables toman mucho más tiempo en su preparación para procesos de soldadura, pero esto ayudara a incrementar la calidad del producto y rendimiento optimo del mismo [30].

2.1.8.1. Corte y preparación de las juntas para acero inoxidable

Para el corte del acero inoxidable se puede utilizar los mismos métodos para acero al carbono con la única excepción del corte por oxiacetilénico ya que en este tipo de corte resulta la formación de óxidos de cromo refractario los cuales impiden un corte preciso y

adecuado. Vale recalcar que los cortes de acero Inoxidable dependen del espesor, la forma de ser cortada y de su preparación de soldadura. De esta manera estos factores nos dan una pauta de que método se podría emplear para dicho corte, a continuación, se muestra los métodos más adecuados para corte de acero inoxidable tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente [30].

Tabla 9: Métodos de corte para acero inoxidable [30].

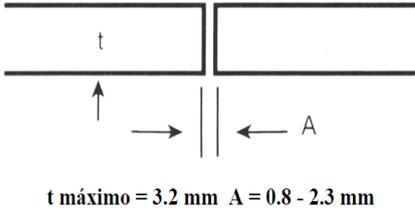
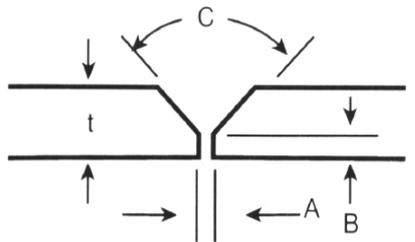
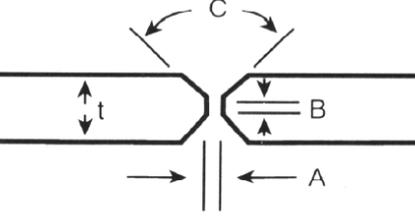
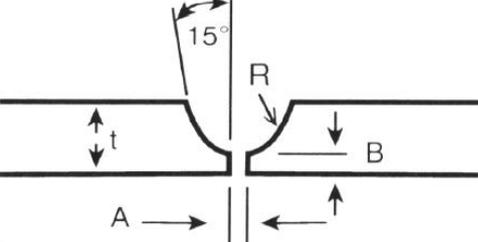
Método	Espesor	Comentario
Guillotina	Láminas, cintas, placas finas	Preparar el borde expuesto al ambiente para eliminar rendijas.
Corte por sierra y abrasivo	Amplio rango de espesores	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico.
Maquinado	Amplio rango de formas	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico.
Corte con arco de plasma	Amplio rango de espesores	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal.
Corte con polvo metálico	Amplio rango de espesores	Corte menos preciso que con plasman se deben eliminar todas las escorias.
Corte por arco de grafito	Usado para acanalar la parte de atrás de soldaduras y cortas formas irregulares	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal.

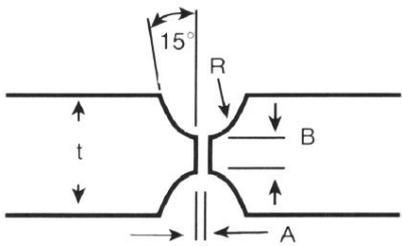
2.1.8.2. Diseño de juntas para acero Inoxidable

El diseño de las juntas para acero inoxidable es similar al del acero ordinario. El principal objetivo del diseño de juntas es proporcionar una alta resistencia de soldadura, un servicio adecuado en su desempeño y mantener bajos costos. Por otro lado, vale recalcar que en soldadura a tope la penetración deberá ser completa debido a los servicios de atmosfera corrosivas que están expuestas. Mientras tanto que en soldaduras tipo filete no es necesario ejecutar una penetración completa, ya que solo basta soldar bien por ambos lados procurando no dejar espacios vacíos donde puedan alojarse líquidos pudiendo provocar en un mediano o largo plazo fallas de servicio. El acero inoxidable al ser fundido mediante un proceso de soldadura posee menos fluidez que un acero al carbono, así mismo su profundidad de penetración no es tan grande como un acero al carbono, por lo

que es necesario compensar este factor mediante un chaflán y con un espacio para que la raíz sea más ancha en sus pasadas [30].

Tabla 10: Juntas de soldadura para chapas y planchas en acero Inoxidable [30].

Tipo de junta	Imagen
A tope para chapas	 <p>t máximo = 3.2 mm A = 0.8 - 2.3 mm</p>
En “V” para chapas y placas	 <p>t máximo = 12.7 mm A = 0.8 - 2.4 mm B = 1.6 - 2.4 mm C = 60 a 80°</p>
A doble “V” para placas	 <p>$t = 12.7$ mm o mayor A = 0.8 - 2.4 mm B = 1.6 - 2.4 mm C = 60 a 80°</p>
En “U” para placas	 <p>$t = 19$ mm y más A = 1.6 mín. - 3.2 máx. (mm) B = 1.6 - 2.4 mm R = 6.4 mm mín.</p>

Tipo de junta	Imagen
A doble “U” para placas	 <p data-bbox="826 638 1228 705"> $t = 19 \text{ mm y más}$ $A = 1.6 \text{ mm mín.} - 3.2 \text{ mm}$ $B = 1.6 \text{ a } 2.4 \text{ mm}$ $R = 6.4 \text{ mm mín.}$ </p>

2.1.8.3. Limpieza de juntas en la preparación de la soldadura

Para acero inoxidable y cualquier tipo de acero comercial es necesario ejecutar una limpieza antes de realizar algún proceso de soldadura. La limpieza de juntas consistirá en retirar lo más posible aquellos depósitos de partículas abrasivas, y sustancias corrosivas, ya que representa un riesgo a nuestro producto en su desempeño debido a que el cloro y azufre dañan a nuestro metal. La empresa UTP de industria Mexicana S.A., impulso el desarrollo de un producto para la limpieza y pasivado (formación de una capa) para aquellos depósitos que dañan al metal. Este producto es conocido como PASTA DECAPANTE que ayuda a reducir el riesgo de daños superficiales por partículas abrasivas y a su vez ha mejorado la protección de los elementos soldados, vale aclarar que esta pasta no contiene cloruros y sulfuros. Por otro lado, el decapado es de suma importancia ya que ha ayudado a desarrollar un alto valor en la resistencia de ataques químicos debido a que se elimina aquellos residuos que pudiera provocar una corrosión. En aceros inoxidables la pasta decapante tiene un tiempo de reacción entre 15 a 60 minutos y a temperaturas mayores a 20 °C y así mismo se utiliza para limpiar superficies oxidadas en aquellos elementos que se aplicaron soldadura eléctrica y autógena [6].

2.1.8.4. Óxido y otras capas superficiales

Las juntas después de ser obtenidas por cortes que involucran métodos térmicos deberán estar libres de aquellos óxidos superficiales que permanecen en el material después de ser cortadas. Entre los elementos óxidos que destacamos es el hierro y el níquel, estos elementos son considerados unos de los más perjudiciales ya que se funden a temperaturas mucho mayor que el metal base originando que estos no se fundan durante el proceso de

soldadura provocando defectos de soldadura difíciles de detectarlos por radiografía. En la siguiente tabla podemos apreciar la diferencia entre temperaturas del metal y óxidos [30].

Tabla 11: Temperatura de fusión de metales y óxidos metálicos [30].

Metal	Temperatura de fusión (°C)	Oxido metálico	Temperatura de fusión (°C)
hierro	1537	Fe ₂ O ₃	1565
Níquel	1454	NiO	1982
AISI 304	1400 - 1454	Cr ₂ O ₃	2266

2.1.8.5. Punteado de la soldadura

Para aquellas juntas que no tiene o no disponen de un mecanismo para sostenerlas de manera adecuada, deberán ser punteadas mediante puntos de soldadura con el fin de obtener uniformidad en su espaciado y alineación. Estas puntadas deben realizarse de manera secuencial para así poder minimizar el efecto de contracción. Para el correcto montaje de dos chapas, se debe realizar primeramente dos puntadas es decir en cada punta de nuestra chapa y luego se lo realiza en la mitad del elemento tal y como se puede observar en la figura 19 [30].

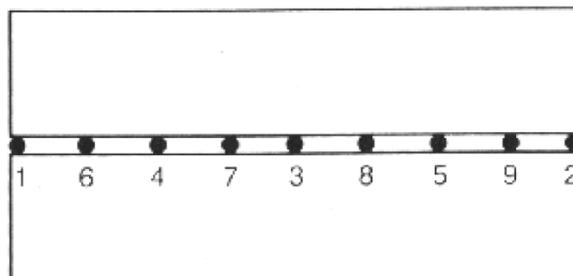


Figura 19: Correctas secuencia de punteadas [30].

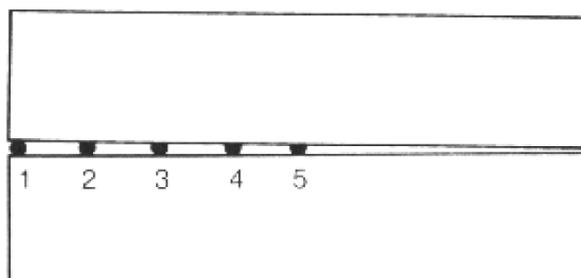


Figura 20: Punteadas realizadas de un solo lado (incorrecto) [30].

2.1.9. Acero Inoxidable

Estos son aceros que son fabricados con el contenido de cromo y níquel con las siguientes proporciones: 16% a 26% de cromo y 6% a 22% de níquel. Vale recalcar que estos tipos de acero no se endurecen por medio del tratamiento térmico, pero si pueden ser trabajados para dar altos grados de resistencia. Sin embargo, los aceros austeníticos contienen un alto nivel de resistencia a la corrosión a comparación de los aceros martensíticos y ferríticos. Los aceros Inoxidables se han caracterizado en el mercado por ofrecer una excelente resistencia mecánica y resistencia a la oxidación incluso a altas temperaturas, así mismo nos ofrece una excelente tenacidad, ductilidad, y además son materiales apropiados para llevar a cabo operaciones de formado en frío [31].



Figura 21: Acero Inoxidable [31].

2.1.9.1. Características de los aceros Inoxidable Austeníticos

- No magnéticos [31].
- Resistencia a la corrosión [31].
- Excelente ductilidad [31].
- Excelente resistencia a altas temperaturas (310 °C a 1100 °C) [31].
- Excelente dureza cuando es trabajado en frío [31].
- Buen comportamiento a bajas temperaturas, aplicaciones criogénicas [31].
- Alto grado de soldabilidad siempre y cuando se utilice el equipo adecuado [31].



Figura 22: Acero Inoxidable Austenítico [31].

2.1.9.2. Ventajas de los aceros inoxidables

➤ **Excelente resistencia a la corrosión:**

Los aceros inoxidables debido a sus grados de baja aleación han ayudado su resistencia a la corrosión en condiciones atmosféricas extremas. Mientras tanto que aquellos grados altamente aleados tiene la capacidad de resistir a la corrosión en ambientes ácidos y en aquellos medios que poseen altas temperaturas [32].

➤ **Resistencia a la alta y baja temperatura:**

Existen grados de aceros inoxidables que tiene la capacidad de resistir a variaciones térmicas que estos pueden llegar a ser sometidos manteniendo su resistencia a temperaturas altas e incluso su dureza se mantiene a temperaturas criogénicas (-196 °C) [32].

➤ **Fácil de fabricarlos**

Casi en la mayoría de los aceros inoxidables puede ser soldados, cortados, forjados y mecanizados obtenido resultados muy satisfactorios [32].

➤ **Resistencia Mecánica**

El endurecimiento de trabajo en frío para los aceros inoxidables se ha convertido en material ideal para el diseño de espesores pequeños y sus costos son mucho más económicos. Por otro lado, a los aceros inoxidables se les puede dar un tratamiento térmicamente especial para poder obtener componentes especiales que ayuden a obtener una alta resistencia mecánica [32].

➤ **Ciclo de Trabajo:**

En el mundo industrial es considerado como uno de los materiales más durables y se destaca por ser una opción barata tomando en cuenta su ciclo de trabajo [32].



Figura 23:Acero Inoxidable AISI 304 [33].

2.1.9.3.Principales elementos de aleación en aceros Inoxidables y su influencia

Tabla 12: Cromo, Níquel y Molibdeno principales elementos en aceros inoxidables [32].

Nombre del elemento	Imagen	Descripción
CROMO (Cr)		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Encargo de formar la ferrita y carburo ✓ Elemento principal encargado de formar la película de óxido obteniendo de esto una alta resistencia a la corrosión.
NÍQUEL (Ni)		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Responsable de formar la Austenita ✓ Influye directamente en la tenacidad y ductilidad (Mejora). ✓ Reduce la conductividad del calor. ✓ Ayuda a tener una mejor resistencia eléctrica. ✓ Aumenta la resistencia a la fatiga ✓ Mejora la capacidad de ser soldados ✓ Influencia directa en propiedades mecánicas mejorándolas

MOLIBDENO (Mo)		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Da origen a la formación de ferrita y carburo ✓ Influye en la resistencia a temperaturas elevadas y al creep (deformación) ✓ Mejora la resistencia corrosiva por picadura en todos los medios. ✓ Forma el elemento que influye en la resistencia a la corrosión.
--------------------------	---	---

2.1.9.4. Clasificación de los aceros Inoxidables

Los aceros Inoxidable se clasifican en 5 grupos, los cuales tenemos 4 grupos basados en la estructura metalográfica que además determinan las propiedades mecánicas y su grado de soldabilidad. Por otro lado, tenemos un grupo de aleaciones basadas en tratamientos térmicos [34].

1. Aceros ferríticos (BCC, serie 400)
2. Aceros austeníticos (FCC, series 200 y 300)
3. Aceros martensíticos (series 400)
4. Aceros dúplex – doble fase (austeníticos – ferríticos y ferríticos – martensíticos)
5. Aceros endurecidos por precipitación (PH sus siglas en inglés; basados en austenítica o martensítica)

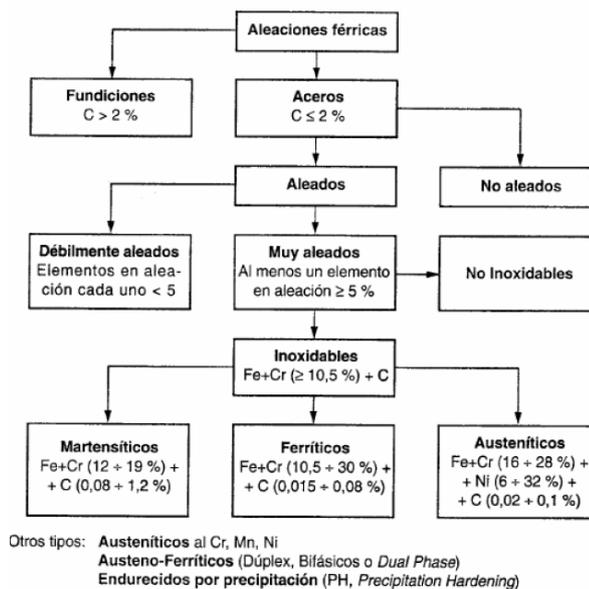


Figura 24: Árbol genealógico de los aceros inoxidables [34].

Entre las clasificaciones más relevantes en aceros inoxidable tenemos el AISI (American Iron and Steel Institute) y el SAE (Society of Automotive Engineers), las cuales son asociaciones de los aceros inoxidable que han subdividido dichos aceros en las siguientes familias:

Tabla 13: Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI [34].

Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI	
Designación de la serie	Grupos
2XX	Cr-Ni-Mn; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
3XX	Cr-Ni; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
4XX	Cr; endurecibles, martensíticos, magnéticos
4XX	Cr; no endurecibles, ferríticos, magnéticos
5XX	Cr; bajo cromo, resistentes al calor

2.1.9.5. Acero Inoxidable su composición y estructura

El acero inoxidable se lo define por el porcentaje de cromo es decir debe superar el 10,5 %, si este factor aumenta y su combinación con el níquel varían determinaran su naturaleza [34].

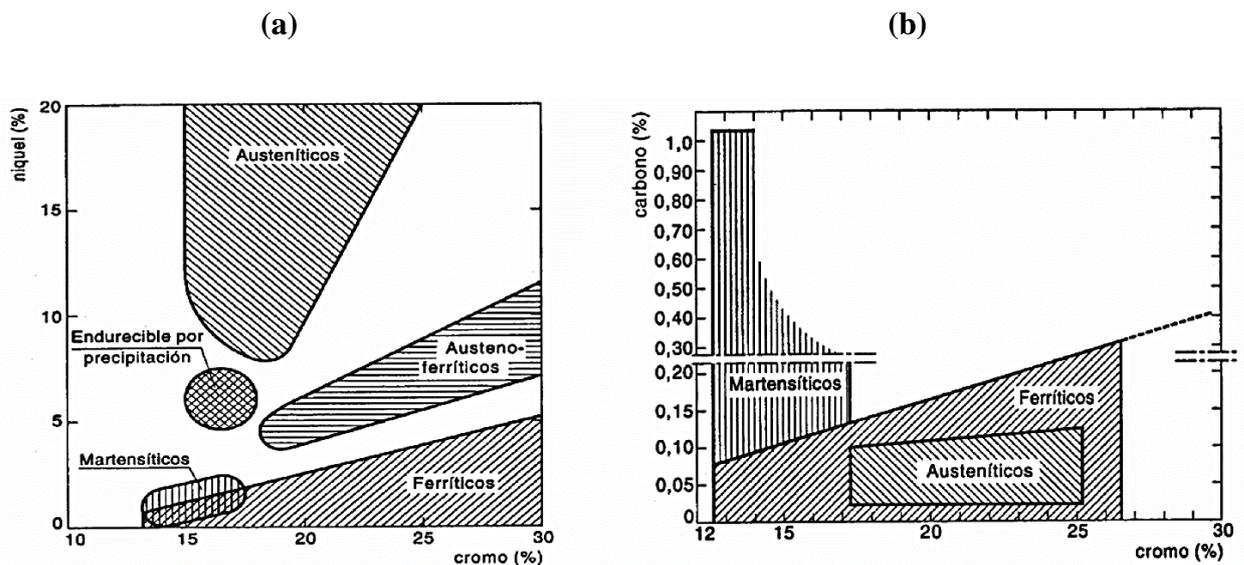


Figura 25: (a) aceros inoxidable en función del cromo y níquel, (b) Aceros Inoxidable en función del cromo y carbono

Vale recalcar que el cromo posee la misma estructura cristalina que la ferrita (α) es decir ambos son cúbicos centrados (átomos ubicados en los vértices y centrados) BCC y como se sabe es elemento base en los aceros inoxidable. Por otro lado, el diagrama hierro (Fe) - cromo (Cr) como se aprecia en la figura 26 refleja al cromo (Cr) como un elemento que favorece a la existencia de la fase conocida como ferrita (α) y por lo tanto esto limita a la

formación de la fase austenítica (γ) a solo un 12 %. De la misma manera elementos aleantes como el silicio (Si), Molibdeno (Mo), Niobio (Nb), Aluminio (Al) y entre otros podrían provocar el mismo efecto que el cromo (Cr) o al contrario es decir favorecer la formación de la fase (γ). El otro elemento más importante que constituyen a los aceros inoxidables es el níquel principal responsable en formar fase austenítica (γ), el níquel posee una estructura cúbica centrada (FCC) [34].

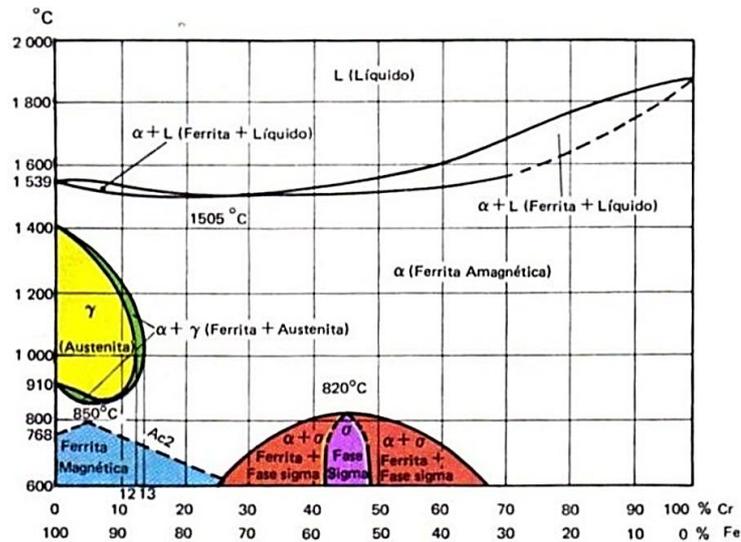


Figura 26: Diagrama de fase hierro-cromo (Fe-Cr) [35].

2.1.9.6. Análisis del diagrama cromo – Hierro:

En la figura 27 se puede explicar de manera más detallada el diagrama de equilibrio Cr-Fe, un análisis adecuado representara una forma adecuada de conocer los conceptos básicos de cada uno de los tipos de acero inoxidable como: austeníticos, ferríticos, martensíticos, dúplex y los endurecibles por precipitación [32].

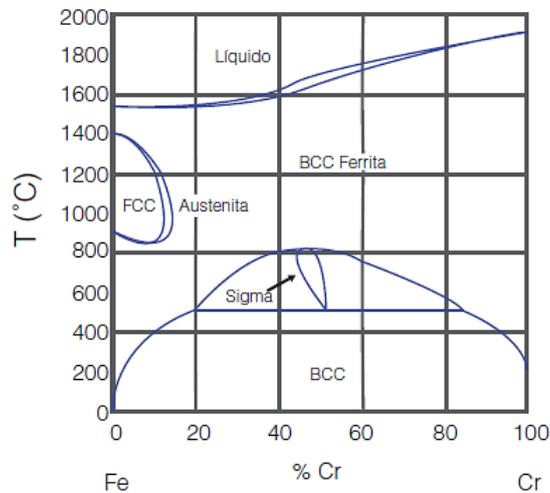


Figura 27: Diagramas de fases Cromo-Hierro [32].

Deducciones del Diagrama Cromo – Hierro Figura 27:

- a. Las aleaciones de hierro – cromo que contengan menos del 12% de cromo su estructura ferrítica se transformara en austenítica (fase gamma γ) durante la etapa de calentamiento. Mientras tanto en un enfriamiento rápido hasta temperatura ambiente obtendremos la transformación de la austenita a martensita (aceros inoxidable martensíticos) [32].
- b. Las aleaciones de hierro que contenga entre un 12 y 13 % de cromo y estén a elevadas temperaturas obtendremos la formación de estructura bifásicas (α y γ), por otro lado, si son enfriadas rápidamente hasta la temperatura tendremos la formación de estructura ferrita y martensita (acero ferríticos-martensíticos) [32].
- c. Si tenemos aleaciones de hierro-cromo con más del 13% de cromo se mantiene la estructura ferrítica, esto sucede desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión. Mientras tanto que en la etapa de calentamiento esta estructura no podrá atravesar el campo austenítico (γ) es decir no podría austenizarse y tampoco templarse para dar paso a la formación de martensita. Es muy importante limitar nuestro contenido de carbono para poder así evitar que el campo gamma se expanda y así se evitaría la formación de estructura martensita [32].

2.1.9.7. Influencia del carbono ampliando el bucle gamma

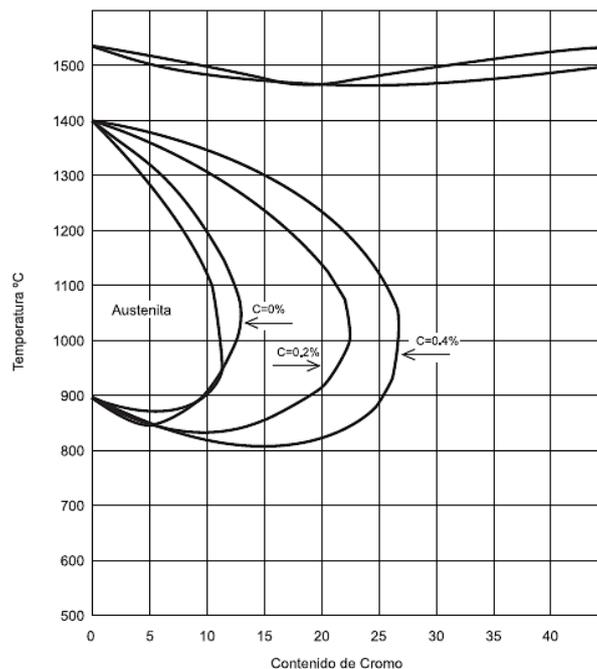


Figura 28: Diagrama de influencia del carbono ampliando el bucle gamma [32].

- a. El bucle gamma del diagrama hierro – cromo se expanden hacia la derecha cuando se aumenta el contenido de carbono de la aleación. Por otro lado, vale recalcar que el carbono favorece a la formación de fase gamma [32].
- b. En el caso de que el carbono alcance el 0.6% el bucle gamma quedara limitado con un cromo del 18% aproximadamente. Por lo cual, si el carbono está a 0.4% ya no existirá un incremento del bucle gamma y el exceso de carbono se quedará en el acero dando paso a la formación de distintos carburos de hierro y cromo el cual dependen de la temperatura [32].
- c. Aleaciones de hierro – cromo que contienen cromo superior al 27% son consideradas estructuras ferríticas [32].
- d. Se puede obtener aleaciones de hierro – cromo – carbono con aproximadamente un 17 % de cromo que sean martensíticas, pero a temperatura ambiente [32].

2.1.9.8. Diagrama de Schaeffler

El siguiente diagrama de la figura 29 ayuda a determinar que microestructura puede presentar un acero Cr – Ni el cual, dicho diagrama se base en el porcentaje de composición del material de aporte y metal base [19].

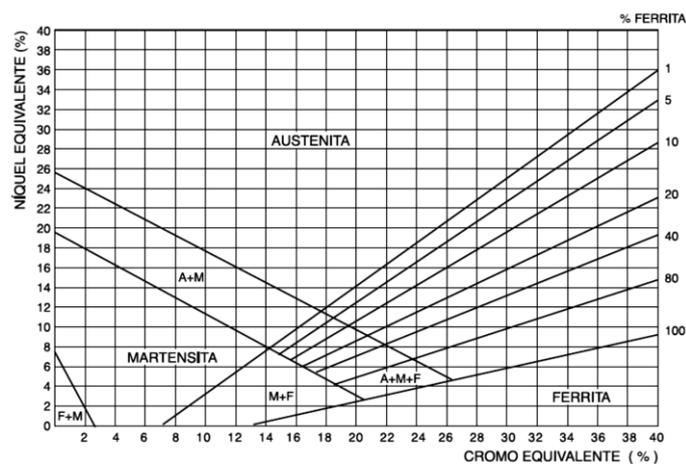


Figura 29: Diagrama de schaeffler [19].

En este diagrama se puede apreciar la fases ferrítica, martensítica y austenítica las cuales son fases propias de los aceros inoxidable cuando estos son enfriados a velocidades de soldadura [36]. Por otro lado, vale señalar que este diagrama permite definir conceptos básicos como son el cromo equivalente (formador de ferrita) y níquel equivalente (formador la austenita) estos elementos de cromo y níquel formadores de la ferrita y

austenita respectivamente son tanto para el material base y material de aporte, para determinar estas variables se empleará las siguientes ecuaciones [19]:

$$\mathbf{Cromo}_{equivalente} = \%Cr + \%Mo + 1.5 * \%Si + 0.5 * \%Nb \quad \mathbf{Ecuación 1}$$

$$\mathbf{Niquel}_{equivalente} = \%Ni + 30 * \%C + 0.5 * \%Mn \quad \mathbf{Ecuación 2}$$

Una vez que se haya determinado las variables de cromo y níquel equivalente respectivamente, se podrá emplear dichas variables para calcular la cantidad de ferrita delta en la ecuación desarrollada por Seferian presente en metal de soldadura para los aceros inoxidable austeníticos [36].

$$\mathbf{Ferrita}_{delta} = 3(Cr_{eq} - 0.93Ni_{eq} - 6.7) \quad \mathbf{Ecuación 3}$$

2.1.9.9. Aceros inoxidable austeníticos (serie 300)

Los aceros inoxidable serie 300 de familia austenítica son considerados los más empleados debido a su excelente variedad de propiedades que ofrece en el mundo industrial, esto se debe a que el níquel es agregado a la aleación obteniendo una transformación de la estructura cristalina en austenita. Vale señalar que el cromo puede variar entre un 16 y 28 % respectivamente, mientras que el níquel varía entre un 3.5 y 22 % y el del Molibdeno de 1.5 a 6%. Entre los aceros inoxidable más comunes de la serie 300 según AISI destaca a los siguientes: 304, 304 L, 316, 316L, 310 y 317, de igual manera las propiedades más importantes de este tipo de acero son: la excelente resistencia a la corrosión, su factor de limpieza, fáciles de transportarlos, soldabilidad excelente, en procesos de tratamientos térmicos no se endurecen, aptos para emplearlos en temperaturas criogénicas [37].

Propiedades	AISI 304	AISI 316	AISI 316L	AISI 316Ti
Mecánicas				
Resistencia a la tracción (MPa)	515	515	485	515
Punto de Fluencia 0,02% (MPa)	205	205	170	205
Elongación 2plg. (%)	40	40	40	40
Dureza Rockwell B	92	95	95	95
Dureza Brinell	201	217	217	217

Figura 30: Requisitos de resistencia a la tracción y a la fluencia [38].

Nota: En la figura 30 estos valores aplican solamente para espesores de 1.5 pulgadas (38mm) de espesor nominal o menores a estos según la norma ASTM A240 [38].

Los aceros inoxidable austeníticos tienen excelente comportamiento mecánico, por ejemplo, su resistencia a la fluencia es similar o equivalente a la de un acero dulce de 210 MPa (30 Ksi) a temperatura ambiente. Vale señalar que los aceros inoxidable austeníticos sufren endurecimiento cuando estos son sometidos a trabajos en frío y además son difíciles de maquinar. Otro punto importante es su buena tenacidad a bajas temperaturas convirtiéndolos como material ideal para ser empleados en aplicaciones criogénicas. Su temperatura de servicio es de 760 °C (1400 °F), pero esta temperatura de servicio puede ser mayor pudiendo afectar a la resistencia mecánica y a la resistencia corrosiva [36].

Tabla 14: Características técnicas del acero Inoxidable serie 300 [48].

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300	
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		304	316
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD) (g/cm³)		7.9	7.95 - 7.98
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm²)		193,000	193,000
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg.K)		500	500
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C (W/m.K)		15 / 16	15 / 16
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10⁶ C⁻¹)		16.0 - 17.30	16.02 - 16.5
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	INTERVALO DE FUSIÓN (C)		1398/1454	1371/1398
	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)		0.72 - 0.73	0.73 - 0.74
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130150 / 180330	130185 / -
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7088 / 1035	7085 / -
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rm) (N/mm²)		520 - 720 / 540 - 750	540690 / -
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rp) (N/mm²)		210 / 230	205410 / -
	ELONGACIÓN (A₅) MIN (%)		≥ 45	
RESILIENCIA KCU / KVL (J/cm²)		160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C (σ₁/10³/t) (N/mm²)		68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO		ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO
	RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)		10081120	10081120
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL (C)		1200 / 925	1200 / 925
FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD		MUY BUENA	MUY BUENA
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%	45%
	EMBUTICIÓN		MUY BUENA	BUENA

* Son aceptables tolerancias de un 1%

2.1.9.9.1. Acero Inoxidable AISI 304:

El acero inoxidable AISI 304 pertenece a la clasificación de la serie 300, es considerado el más versátil y el más empleado de toda su serie 300. El acero inoxidable 304 destaca por su excelente propiedad de conformado y soldado. Este acero puede ser soldado con facilidad, así mismo pueden ser soldados con materiales no ferrosos como puede ser el plomo, estaño, aleaciones de plata y entre otras por destacar [37]. En este tipo de acero tras ejecutar la soldadura no requiere de un tratamiento de recocido, ya que estos tienen buen comportamiento en diferentes escenarios de condiciones corrosivas. Su temperatura de servicio lo hace ideal para resistir la corrosión la cual es de 870 °C y en servicio continuo su temperatura es de 925 °C. Por otro lado, es importante mencionar que para uso continuo no se debe trabajar a temperaturas que estén entre 425-860°C, pero si están por debajo y encima de estos rangos su desempeño es excelente [6].

Tabla 15: Acero inoxidable AISI 304 especificaciones y aplicaciones [39].

ESPECIFICACIONES TIPO 304	APLICACIONES
AST A240 ATM A666 AMS 5513	Para equipos químicos, en tuberías, intercambiadores térmicos, equipos lácteos, utensilios para alimentos, recipientes y componentes criogénicos, para aplicaciones que arquitectónicas y en aquellas estructuras que estén expuestas a atmosferas no marinas.

Nota: El acero inoxidable 304 es un producto no magnético, en el caso de ser trabajado en frío este podría ser ligeramente magnético [37].

Tabla 16: Composición Química del acero inoxidable 304 según la norma ASTM A240 [38].

Elemento	Tipo 304	Tipo 304L
Carbón	0.07 máx.	0.030 máx.
Manganeso	2.00 máx.	2.00 máx.
Azufre	0.030 máx.	0.030 máx.
Fósforo	0.045 máx.	0.045 máx.
Silicio	0.75 máx.	0.75 máx.
Cromo	17.5 a 19.5	18.0 a 20.0
Níquel	8 a 10.5	8.0 a 12.0

Elemento	Tipo 304	Tipo 304L
Nitrógeno	0.10 máx.	0.10 máx.

Tabla 17:Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304 según la norma ASTM A240 [38].

Tipo	Limite elástico 0,2% compensación (KSI)	Resistencia a la tracción (KSI)	% de elongación (longitud de calibre de 2")
Recocido 304	30 mín.	74 mín.	40 mín.
Dureza 304 ¼	75 mín.	125 mín.	12 mín.
Dureza 304 ½	110 mín.	150 mín.	7 mín.
Recocido 304L	25 mín.	70 mín.	40 mín.
Dureza 304L ¼	75 mín.	125 mín.	12 mín.
Dureza 304L ½	110 mín.	150 mín.	6 mín.

2.1.9.2. Tratamiento Térmico

Los tratamientos térmicos en un acero Inoxidable 304 tienen como principal objetivo cumplir dos aspectos muy importantes: la primera es alcanzar la dureza máxima del material para obtener un desempeño adecuado en servicio y la segunda es desarrollar la máxima resistencia a la corrosión. Para poder desarrollar estos aspectos importantes en el material el proceso de tratamiento térmico se lo desarrolla de forma muy cuidadosa ya que estos no deben producir cambios en la composición del material [40]. El acero inoxidable 304 no se lo puede endurecer por tratamiento térmico, pero si al material durante el proceso de recocido (1010 – 1120 °C) se lo enfría rápidamente se podrá desarrollar mejores características y propiedades en el material [6]. El recocido en los aceros inoxidables AISI 304 se los puede llevar a cabo con hidrógeno puro o a su vez el amoníaco disociado, pero aplicando un rocío bajo. En el caso de tener un rocío descontrolado esto puede originar una leve capa verdosa de óxido en la superficie del material, la cual será difícil de removerla por métodos de decapado. Cabe señalar que, al

utilizar amoníaco disociado, este deberá ser al 100% disociado antes de introducirlo al horno, caso contrario esto originaría nitruración es decir modificaría la composición del material específicamente en la dureza superficial [40] .

Tabla 18: Aceros Inoxidables serie 300 descripción y aplicaciones comunes [40].

Tipo AISI	Descripción	Aplicaciones más comunes
302 (18% Cr, 8% Ni)	Aleación básica	.....
303 (18% Cr, 9% Ni, 0.15% S)	Agregado de S para mejorar maquinabilidad.	Conectores, cerraduras, tuercas y tornillos, partes maquinadas, partes parabombas.
304 (18% Cr, 8% Ni)	Menos % C (0.08%) que el 302 para mejorar resistencia a la corrosión intergranular.	Equipo químico de procesos, manejo de alimentos y equipos para hospitales.
304L (18% Cr, 8% Ni)	Menos de 0.03% C (para reducir los riesgos de corrosión intergranular.	Reducción de carbono para evitar la corrosión intergranular en la soldadura.
309/309S (23% Cr, 13% Ni)	Más Cr y Ni para aumentar la resistencia a la formación de escamas a altas temperaturas. 309 0.2% C y 309S 0.08% C	Calentadores de aire, equipos para tratamientos térmicos de aceros.
316 (17% Cr, 12% Ni, 3% Mo)	Agregado de Mo, mejora la resistencia a la tracción a altas temperaturas. 0.08% C	Equipos para el procesamiento de alimentos, farmacéuticos, fotográficos, textil.
316 L (17% Cr, 12% Ni, 3% Mo)	Reducción del % de C para evitar la corrosión intergranular durante la soldadura. 0.03% C.	Intercambiadores de calor, prótesis temporarias.
330 (21% Cr, 36% Ni)	Más Ni para aumentar la resistencia al shock térmico y carburación.	Hornos de recocido, partes para turbinas de gas e intercambiadores de calor.
347 (18% Cr, 10% Ni)	Estabilizado con Nb y Ta para evitar los carburos de Cr.	Tanques soldados para el almacenamiento de sustancias químicas orgánicas.

2.1.9.9.3. Propiedades físicas de los aceros inoxidables austeníticos

Las propiedades físicas para los aceros inoxidables y aceros al carbono son totalmente diferentes, por lo cual esto implica un estudio de los procesos de soldadura. En la tabla 19 se muestra diferentes ítems lo cuales varían significativamente, por ejemplo, en el acero inoxidable austenítico su temperatura de fusión es mucho menor que un acero al carbono por lo cual implicaría que el acero austenítico logre su punto de fusión con menos calor [6].

Tabla 19: Influencia de las propiedades físicas en la soldadura de aceros inoxidable austeníticos, comparados con el acero al carbono [30].

Propiedades físicas	Aceros inoxidables austeníticos	Aceros al carbono	Observaciones
Punto de fusión (Tipo 304)	1400 - 1450 °C	1540 °C	El Tipo 304 requiere menos calor para producir la fusión, lo cual significa una soldadura más rápida para el mismo calor, o menos calor para la misma velocidad
Respuesta magnética	No magnético a todas las temperaturas	Magnético hastamás de 705 °C	Los aceros inoxidables al níquel no están sujetos a lasopladura de arco
Velocidad de Conductividad térmica A 100 °C A 650 °C	28% 66%	100% 100%	El Tipo 304 conduce el calor mucho más lentamente que los aceros al carbono, lo cual produce gradientes de temperaturas más pronunciados. Esto acelera la deformación. Una difusión más lenta del calor a través del metal de base significa que la zona soldada permanece caliente por más tiempo, resultado de lo cual puede ser una mayor precipitación de carburos, a menos que se usen medios artificiales para extraer el calor, tales como barras enfriadoras, etc.
Resistencia Eléctrica (aleado) (microhm.cm, aprox.) a 20 °C. a 885 °C.	72.0 126.0	12.5 125	Esto es importante en los métodos de fusión eléctrica. La resistencia eléctrica más grande del tipo 304 resulta en la generación de más calor para la misma corriente, o la misma cantidad de calor con menos corriente, comparado con los aceros al carbono. Esta propiedad, junto con una menor velocidad de conductividad térmica, resulta en la efectividad de los métodos para soldadura por resistenciadel Tipo 304.
Expansión térmica en el rango indicado pulg./pulg./°C x 10 ⁶	17.6 (20 - 500 °C)	11.7 (20 - 628 °C)	El tipo 304 se expande y contrae a una velocidad más alta que el acero al carbono, lo cual significa que se debe permitir expansión y contracción a fin de controlar la deformación y el desarrollo de tensiones térmicas después del enfriamiento. Por ejemplo, para el acero inoxidable deben usarse más puntos de soldadura que para el acero al carbono.

2.1.9.10. Electrodo y varillas de aporte

2.1.9.10.1. Electrodo de tungsteno

Los electrodos de tungsteno son diseñados para soldar acero inoxidable, aluminio, aceros al carbono, titanio, es decir permite soldar materiales ferrosos y no ferrosos. Su punto de fusión esta alrededor de los 3410°C esto se logra gracias al calentamiento por resistencia y por el desprendimiento de los electrones que existe en la punta de estas varillas, cuando estos electrones que se encuentran desprendidos alcanzan temperaturas altas estos prácticamente no se llegan a consumir, esto sería una de las principales razones para que el punto de fusión llegue a los 3410°C. De acuerdo con la **NORMA A5.12** (Specification for Tungsten and Tungsten-Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting) para este tipo de proceso GTAW tenemos la siguiente clasificación [19]:

Clasificación de la AWS	Color ^(a) elemento	Elemento aleado	Óxido amalgamante	% de óxido
EWP	Verde	—	—	—
EWCe-2	Naranja	Cerio	CeO ₂	2
EWLa-1	Negro	Lantano	La ₂ O ₃	1
EWLa-1.5	Dorado	Lantano	La ₂ O ₃	1.5
EWLa-2	Azul	Lantano	La ₂ O ₃	2
EWTh-1	Amarillo	Torio	ThO ₂	1
EWTh-2	Rojo	Torio	ThO ₂	2
EWZr-1	Café	Zirconio	ZrO ₂	0.25
EWG	Gris	No especificado ^(b)	—	—

(a) El color puede estar aplicado en forma de bandas, puntos, u otros, en cualquier punto de la superficie del electrodo.

(b) El fabricante debe identificar el tipo y el contenido nominal de la tierra rara u otros agregados de óxido.

Figura 31: Clasificación de los electrodos de tungsteno de acuerdo a la Norma AWS A5.12 [19].

Los electrodos de tungsteno se los identifica por un código de colores que vienen etiquetados de fabrica al momento de comprarlos o adquirirlos. Por otro lado, es importante evitar el contacto mecánico entre el electrodo de tungsteno y la pinza con el fin de evitar daños del mismo [19].

Donde:

- **E:** Electrodo
- **W:** Tungsteno
- **P:** Tungsteno puro (ninguno elemento de aleación)
- **G:** Aleaciones no especificadas o determinadas.

- El ultimo digito representa la cantidad de aleación u oxido añadido al tungsteno.
- **EWP:** Electrodo con tungsteno puro con un 99.5% mínimo.
- **EWTh-1:** Electrodo de tungsteno toriado en estos hay dos tipos los que contienen 1 y 2 % de óxido de torio en su composición distribuido a lo largo del electrodo.
- **EWCe-2:** Electrodo de tungsteno ceriado con 2% de óxido de cerio distribuido a lo largo del electrodo.
- **EWLa:** Electrodo de tungsteno con óxido de lantano, en estos hay tres tipos los que contienen 1, 1.5 y 2 % de óxido de lantano en su composición.
- **EWZr:** Electrodo de Tungsteno Zirconiado con 0.25 % de óxido de zirconio en su composición.
- **EWG:** Pertenece aquellos electrodos que no pertenece a ninguna de las anteriores clases mencionadas anteriormente, así mismo contienen aleaciones de óxidos no especificados.

Tabla 20: Tipos de electrodos de tungsteno para proceso TIG [41].

Tipo	Aplicaciones	Aleación	Composición	Materiales a soldar
Tungsteno Puro				
Proporciona una buena estabilidad del arco para la soldadura de corriente alterna con una onda cuadrada equilibrada o desequilibrada o una onda sinusoidal.	Corriente Alterna	Ninguno	99,5% Tungsteno	Aluminio Magnesio
2% de cerio				
Buen desempeño en soldaduras con corriente continua en bajo amperaje. Excelente desempeño en procesos con corriente alterna	Corriente Continua	Cerio	97.3% Tungsteno 1.8 a 2.2% Cerio 0.5% Otros	Acero al carbón Acero inoxidable Aleación de níquel Titanio Aluminio

Tipo	Aplicaciones	Aleación	Composición	Materiales a soldar
1,5 de lantano				
Sin peligro de radiación. Este electrodo sustituye al electrodo de tungsteno, al 2% Thorio sin ningún problema ya que su conductividad eléctrica es muy cercana	Corriente Continua Corriente alterna inversores	Lantano	97.8% Tungsteno 1.3 a 1.7% lantano 0.5% otros	Acero al carbón Acero inoxidable Aleación de níquel Titanio
2% lantano				
Sustituye al electrodo de 2% Thorio. Características similares al 1.5% lantano y mejor estabilidad de arco	Corriente Continua Corriente alterna inversores	Lantano	97.3% Tungsteno 1.8 a 2.2% Lantano 0.5% Otros	Acero al carbón Acero inoxidable Aleación de níquel Titanio
Elementos raros (EWG)				
La mejor combinación de aleaciones proporciona una excelente estabilidad del arco en soldaduras con corriente alterna y continua.	Corriente Continua Corriente alterna inversores	Cerio Lantano Itrio Otros	97.3% tungsteno Cerio Lantano Itrio Otros	Todos
2% Thorio				
Proporciona gran conductividad eléctrica, ofrece al soldador un arco fácil de inicio y muy estable.	Corriente Continua	Thorio	97.3% Tungsteno 1.7% a 2.2% Thorio 0.5% Otros	Acero al carbón Acero inoxidable Aleación de níquel Titanio Cobre

Tipo	Aplicaciones	Aleación	Composición	Materiales a soldar
Zirconio				
En aplicaciones de corriente alterna, alto amperaje proporciona gran estabilidad de arco y menos contaminación	Corriente alterna	Zirconio	98.6% Tungsteno 0.7% a 0.9% Zirconio 0.5% otros	Aluminio Magnesio

2.1.9.10.2. Varillas de aporte para proceso TIG

Varillas de aporte o conocidas también como material de aporte, su uso es opcional en laminas muy delgadas las cuales no necesitan de un material de aporte para ser soldadas. Estas varillas deben tener la misma calidad que nuestro material a ser soldado. En una varilla de aporte su núcleo es similar a la de un electrodo, pero con la única diferencia que este se encuentra sin revestimiento, por otro lado, estas varillas son comúnmente de cobre, pero esto puede variar por el tipo de material. Los diámetros más comunes en los materiales de aporte van desde los 1.1, 1.6, 2, 2.4, 3.2, 4 y 4.2 (mm) y con longitudes aproximada a los 900 mm [42].

Tabla 21: Varillas de Aporte dependiendo del material [42].

Material	Varilla de aporte	Tipo de proceso
Acero Inoxidable	ER 308L, ER309L, ER316L	TIG
Acero al carbono	ER 70S-3, ER 70S-6	
Níquel	ER NiCr-3	
Aluminio	ER 4043	
Cobre	BcuP-2, RB CuZn-C	
Plata	BAG-A2, BAG-1	

NOTA: En la **tabla 21** se muestra solamente unos pocos ejemplos de los tipos de varillas de aporte para el proceso TIG, ya que en el mercado existe muchos más para cada tipo de material dentro del proceso mencionado.

➤ **Varilla de aporte ER308L**

Tabla 22: Varilla de Aporte AWS ER308L [43].

AWS ER308L	
Descripción:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Varilla TIG de Acero inoxidable ✓ Contiene tasa de carbono extra bajo ✓ Excelente depósito para la resistencia a la corrosión en ambiente atmosféricos.
Aplicaciones:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ideales para la unión y reparación de elementos de acero inoxidable como el 301, 302, 304(L), 321. ✓ Empleados en cordones de cañerías y los estanques de industrias químicas. ✓ Industrias lechera, cervecera, petrolera, y entre por destacar.
Datos Técnicos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetros disponibles: (1/16")1.6mm, (3/32")2.4mm, (1/8")3.2mm, (5/32")4mm. ✓ Longitud de la varilla: (36") 91 mm ✓ Corriente y polaridad: CC (-) ✓ Electrodo recomendado: EWTH-2 (punto rojo) ✓ Gas de protección recomendado: 100 % argón ✓ Flujo: 8 – 14 L/min
Propiedades del metal depositado:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 Psi) ✓ Limite de fluencia: 420 MPa (65.250 Psi) ✓ Alargamiento en 50 mm: 38% ✓ Composición química típica: C: 0.02%, Cr:20.5%, Mn:1.80%, Ni:10%, Si:0,40 %

➤ **Varilla de aporte ER309L**

Tabla 23: Varilla de Aporte AWS ER309L [43].

AWS ER309L	
Descripción:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Varilla TIG de Acero inoxidable ✓ Contiene tasa de carbono extra bajo para prevenir la precipitación de carburos de cromo. ✓ Depósito resistente al calor y la corrosión intercrystalina.
Aplicaciones:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ideales para la unión y reparación de elementos de acero inoxidable: 309, 309Cb, aceros al 12%de Ni y aceros disímiles (aceros al carbono y baja aleación con aceros inoxidables).
Datos Técnicos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetros disponibles: (5/64")2mm, (3/32")2.4mm. ✓ Longitud de la varilla: (36") 91 mm ✓ Corriente y polaridad: CC (-) ✓ Electrodo recomendado: EWTH-2 (punto rojo) ✓ Gas de protección recomendado: 100 % argón ✓ Flujo: 8 – 14 L/min
Propiedades del metal depositado:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 Psi) ✓ Límite de fluencia: 420 MPa (65.250 Psi) ✓ Alargamiento en 50 mm: 38% ✓ Composición química típica: C: 0.02%, Cr:4%, Mn:1.80%, Ni:13%, Si:0.45 %

➤ **Varilla de aporte ER316L**

Tabla 24: Varilla de Aporte AWS ER316L [43].

AWS ER316L	
Descripción:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Varilla TIG de Acero inoxidable austenítico ✓ Contiene tasa de carbono extra bajo para prevenir la precipitación de carburos de cromo. ✓ Depósito resistente a la corrosión intercrystalina.
Aplicaciones:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ideales para la unión y reparación de elementos de acero inoxidable austeníticos que contienen: 16-21% Cr, 10-15% Ni, 0-3% Mo, estabilizados y no estabilizados (316L, 318, etc). ✓ Cordones de raíz en cañerías ✓ Estanques de industrias químicas, lechera, alimenticia, etc.
Datos Técnicos:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diámetros disponibles: (1/16")1.6mm, (5/64")12mm, (3/32")2mm ✓ Longitud de la varilla: (36") 91 mm ✓ Corriente y polaridad: CC (-) ✓ Electrodo recomendado: EWTH-2 (punto rojo) ✓ Gas de protección recomendado: 100 % argón ✓ Flujo: 8 – 14 L/min
Propiedades del metal depositado:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 Psi) ✓ Límite de fluencia: 420 MPa (65.250 Psi) ✓ Alargamiento en 50 mm: 37% ✓ Composición química típica: C: 0.02%, Cr:19.5%, Mn:1.80%, Ni:13%, Si:0.35 %, Mo:2.6%

➤ **Nomenclatura de las varillas para acero Inoxidables de acuerdo con la norma AWS A5.9:**

ER308L:

E: Electrodo [44].

R: Varilla [44].

308: El número de tres o cuatro dígitos por ejemplo ER308, designa la composición química del metal de aporte, para aquellos productos clasificados según el sistema tradicional AWS A5.9 [44].

3: Contenido de cromo (0,5% a 3%) [44].

0: Contenido de Níquel [44].

8: Contenido de Molibdeno [44].

L: Denota que es una varilla con contenido de carbono bajo [44].

2.1.9.11. Propiedades mecánicas de los materiales

En el mundo industrial las propiedades de los materiales dependen mucho de su composición microestructural, ya que de esto depende el comportamiento del material ante una fuerza aplicada, es decir refleja la deformación del material resultado de la relación entre fuerza aplicada y respuesta del material. Entre las propiedades más importantes por destacar tenemos la resistencia, dureza, ductilidad y su rigidez, estas a su vez pueden ser determinadas por medio de ensayos mecánicos en laboratorios en las cuales son sometidas a condiciones de uso hasta lograr que el material falle [11].

2.1.9.11.1. Ensayo a tracción

Es un ensayo destructivo del cual se obtiene los datos necesarios para la elaboración de nuestra curva de deformación unitaria la cual hace referencia a la variación de la longitud del material σL con respecto a la longitud original L . La probeta a ser ensayada es llevada a cabo por medio de una maquina de ensayos y en cual se somete a una prueba de deformación hasta lograr su punto de rotura, esto se produce por una carga a tracción que va aumentando de manera progresiva y, por otro lado, la tracción es uniaxial distribuida a lo largo de la probeta a ser ensayada [11].

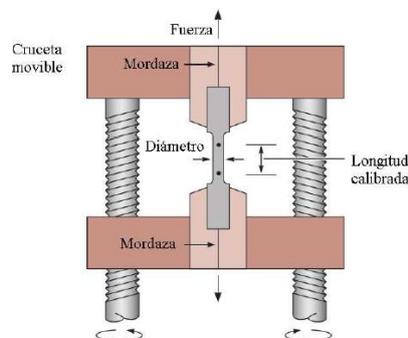
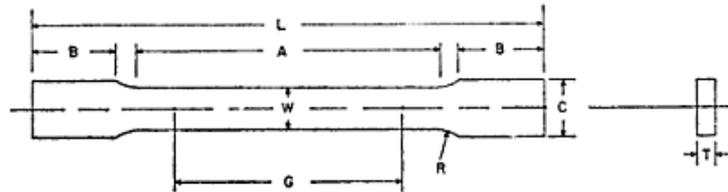


Figura 32: Máquina para la elaboración de pruebas a tracción uniaxial [11].

En los ensayos a tracción se puede medir la resistencia del material ante una fuerza estática o dinámica. De los ensayos a tracción se puede calcular u obtener el módulo de Young, el esfuerzo ingenieril dividiendo la carga para el área transversal inicial y también se puede determinar la deformación ingenieril [11].



	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Figura 33: Dimensionamiento de las probetas planas para ensayos a tracción de acuerdo con la norma ASTM E8

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

σ : Esfuerzo Ingenieril

F : Carga aplicada en ese instante

A_0 : Área inicial antes de aplicar la carga

Unidades: Psi (Sistema U.S) – MPa (Sistema S.I)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

ϵ : Deformación Ingenieril

l_0 : Longitud inicial antes de aplicar la carga

l_i : Longitud final después del alargamiento producido por la carga uniaxial.

Unidades: adimensionales, pero en ocasiones son interpretadas como plg/ plg o metro/metro

$$\%AR = \frac{A_i - A_o}{A_o} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

AR: Adelgazamiento de la probeta

A_o: Área inicial de la sección transversal

A_i: Área final de la sección transversal.

Unidades: Adimensionales

Con los resultados obtenidos de las pruebas de tracción se utiliza la curva ESFUERZO-DEFORMACIÓN, para registrar el comportamiento del material y poderlas interpretar como se puede apreciar en la figura 34:

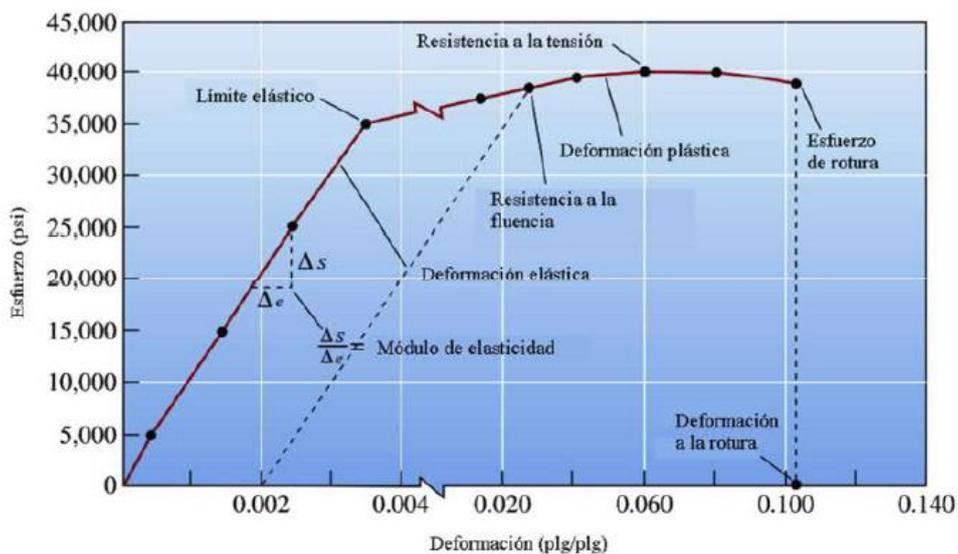


Figura 34: Curva Esfuerzo (PSI) vs DEFORMACIÓN (plg/plg) [11].

2.1.9.11.2. Ensayo de impacto (Charpy)

Ensayo en que el material es sometido a una carga súbita (carga de choque libre), este ensayo nos permite evaluar la fragilidad y resistencia al impacto. Vale recalcar que la deformación es alta debido a la intensidad de carga que es sometido el material. Por otro lado, la resistencia al impacto es conocida como medida de la tenacidad del material o conocida técnicamente como capacidad de absorción de energía antes de sufrir la fractura [11].

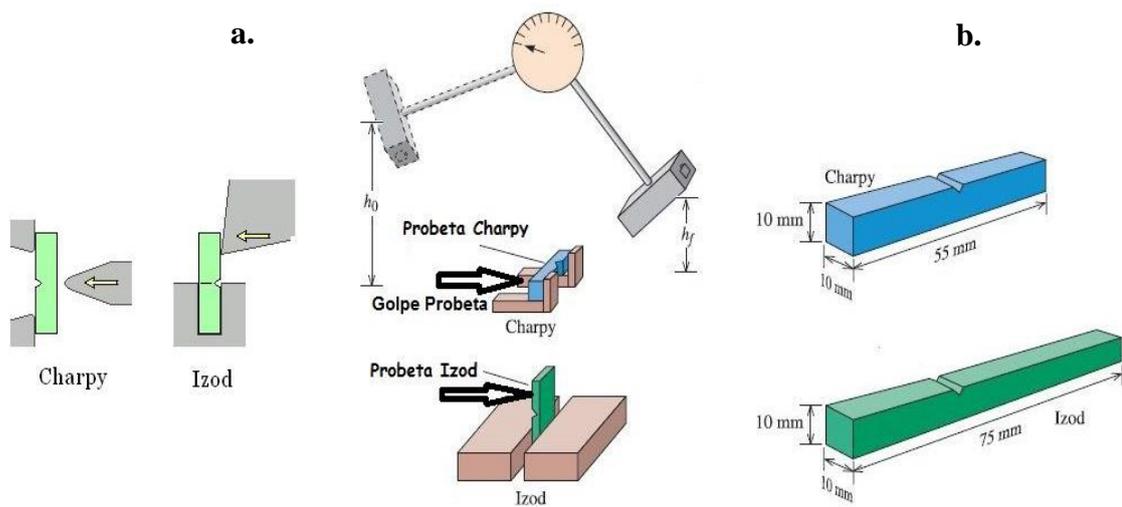


Figura 35: a) Prueba Charpy y prueba Izod b) Dimensiones de las probetas según la Norma ASTM E23 [11].

El ensayo de impacto (CHARPY) consiste en hacer que el material llegue a romperse de un solo golpe intenso, el cual es impacto en un punto medio de la probeta que esta a su vez se encontrara apoyada de cada uno de sus extremos. La energía de impacto es transmitida por medio de un martillo basculante como se puede apreciar en figura 35 (a), el martillo llega a una altura inicial h_0 y después de haberse realizado la prueba este llega a una altura final h_f , conociendo estas dos alturas se puede calcular la diferencia de energía potencial y esta a su vez es conocida como la cantidad de energía de impacto absorbida durante el proceso de la ruptura del material. Las unidades de la energía al impacto viene dada como: $Lb * pie$ o Joule [11].

2.1.9.11.3. Ensayo de dureza

La dureza término que se entiende como la propiedad de resistir a la deformación elástica, plástica y la destrucción por otros esfuerzos de cuerpos exteriores más duros y los cuales no sufren deformaciones residuales [6]. En resumen, la dureza de cualquier material define a la resistencia de ser penetrado por otro más duro, esta resistencia es determinada por medio de un cuerpo de forma esférica, cónica o piramidal que es introducida en el material a ser ensayada. En un ensayo de dureza se emplea la deformación permanente plástica y ciertos casos es necesario determinar las propiedades mecánicas del material, pero sin llegar a destruirlos. Entre los ensayos de dureza más relevantes destacamos la dureza Rockwell, Brinell y Vicker [45].

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/t^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone: $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres			{ 60 kg } { 100 kg } Rockwell { 150 kg } { 15 kg } Superficial Rockwell { 30 kg } { 45 kg }	

Figura 36: Técnicas para el ensayo de dureza [11].

2.1.9.11.3.1. Dureza Brinell

El ensayo de dureza Brinell es un método que consiste en aplicar una bola de acero muy duro sobre la superficie comprimiéndolo de manera progresiva, esta presión permanece un cierto tiempo hasta que se forme un hueco con forma de esfera. Posterior a esto medimos con un microscopio de mano y se determina la dureza Brinell mediante la división de la carga que actúa sobre la bola por la superficie de la huella. Vale señalar que existe tablas que señalan la dureza adecuada para cada uno de los diferentes diámetros de las huellas que van desde los 2mm a 6mm, facilitando de esta manera los trabajos en ensayos de dureza [12].

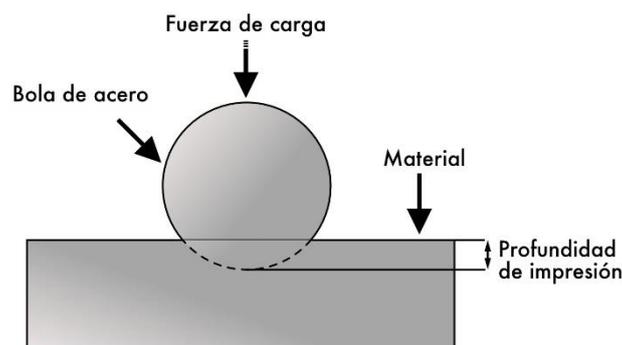


Figura 37: Esquema de Dureza Brinell [12].

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Ecuación 7

DONDE:

HB : Dureza Brinell ($\frac{Kgf}{mm^2}$)

P: Fuerza aplicada a la esfera (*kgf*)

D: Diámetro de la bola (*mm*)

d: Diámetro de la huella en superficie (*mm*)

Nota: Para la selección de la carga (P) y el diámetro (D) va en función de la pieza a ser ensayadas, ya que pueden arrojar datos falsos al ensayar espesores pequeños con grandes cargas.

2.1.9.11.4. Ensayo de espectrometría

Consiste en un análisis semicuantitativo no destructivo, este tipo de ensayo es aplicable a distintos materiales como pueden ser metales, polímeros, líquidos y suelos. En metales este ensayo nos brinda de manera directa la composición química del material y desplaza en su pantalla digital los posible aceros que estamos empleado en el ensayo , esto es gracias a que la maquina almacena una librería interna de los materiales con su composición química detectados por la pistola mediante espectros atómicos de absorción y emisión [9].



Figura 38: Pistola para ensayo de Espectrometría [9].

2.1.9.11.5. Ensayo metalográfico:

Un ensayo metalográfico consiste en ejecutar el estudio microscópico de la estructura del material con el fin de obtener aquellos elementos que componen y caracteriza a nuestro material a ser empleado a distintas funciones mecánicas de servicio, este estudio

microscópico se lo puede llevar a cabo a distintos niveles de magnificación. Por otro lado, por medio de este ensayo nosotros podemos determinar el tamaño de grano y la distribución de fases del material pudiendo afectar estos factores en las propiedades mecánicas convirtiéndolo de esta manera en uno de los principales métodos de investigación para el control de la calidad de los materiales [11].

2.2.Fundamentación Filosófica

La presente investigación requiere de un paradigma crítico propositivo ya se analizará como influye el proceso de soldadura GTAW en las propiedades mecánicas en juntas soldadas a tope en un acero AISI 304, además servirá como una fuente de investigación para la sociedad debido a la necesidad de conocer cómo influye este proceso en el desempeño de los productos soldados y fabricados por proceso GTAW. Por otro lado, la investigación es de carácter participativo debido a que se recopilara información relevante de las distintas fuentes investigativas de soldadura GTAW como tesis, artículos, libros, manuales e incluso opiniones de aquellos expertos en la materia con el fin de encontrar nuevas ideas para convertirlas como alternativas de investigación.

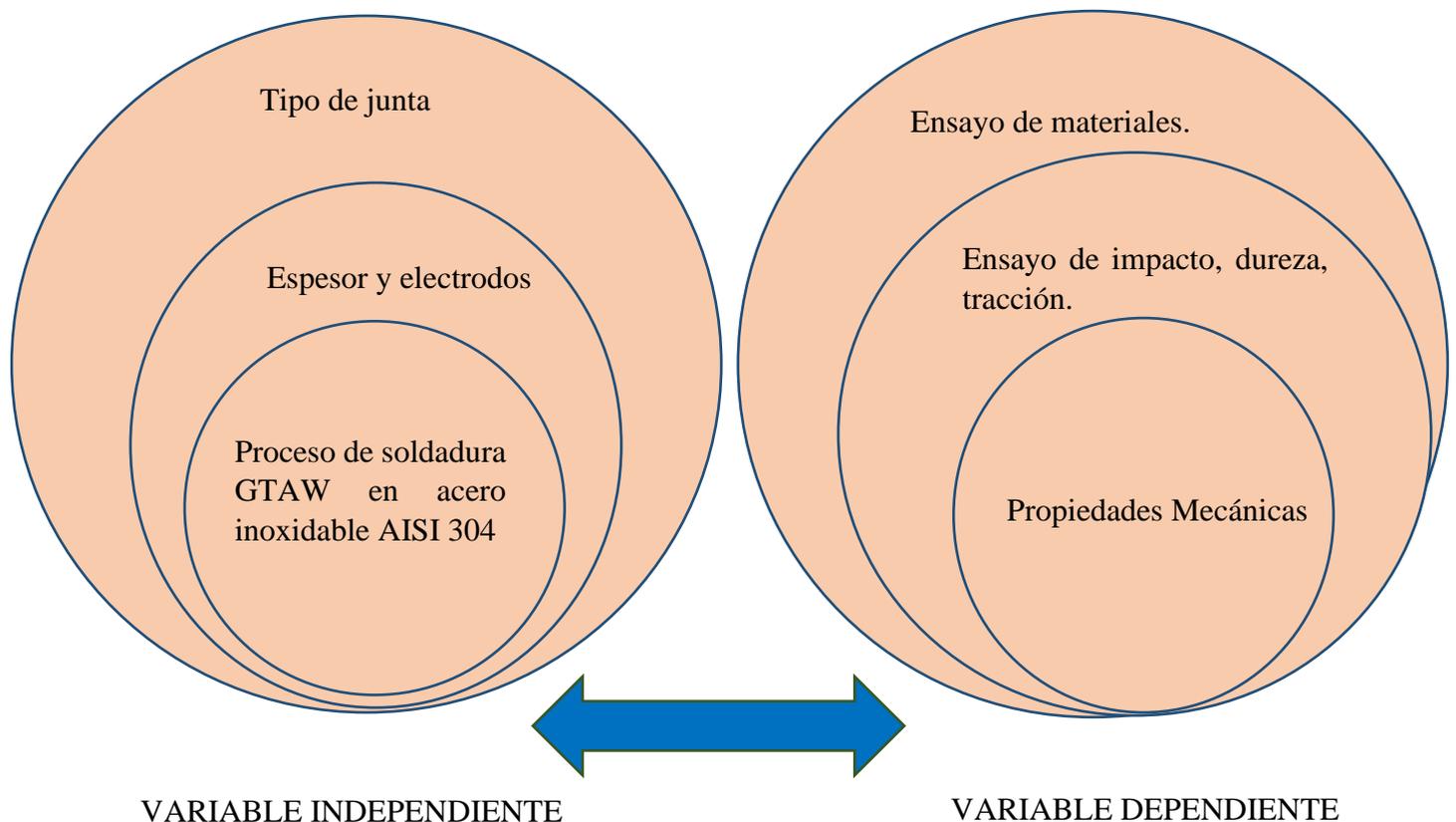
El paradigma crítico propositivo será el enfoque que nos ayudará a plantear distintas alternativas para dar soluciones a un problema y además nos permitirá ejecutar los ajustes necesarios en la investigación con respecto a los aspectos tecnológicos y físicos. La parte crítica de esta investigación es debido a que se analizará las variables planteadas en la investigación y así mismo nos ayudará a conocer su influencia en las propiedades mecánicas en nuestros cordones de soldadura a tope y así poder dar una solución al problema mediante la relación causa-efecto.

2.3.Fundamentación Legal

- **AWS A5.12:** Specification for Tungsten and Tungsten-Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting (Especificación para electrodos de soldadura por Tungsteno)
- **AWS A5.9:** Welding Consumable—Wire Electrode, Strip Electrodes, Wires, and Rods for Arc Welding of Stainless and Heat Resisting Steels— Classification
- **ASTM E8:** Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (Ensayo de tracción)
- **ASTM E23:** Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials (Ensayo de Impacto)

- **ASTM E10:** Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials (Ensayo de dureza Brinell)
- **ASTM E1085:** Standard Test Method for Analysis of Low-Alloy Steels by Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry (Ensayo de Espectrometría)
- **ANSI Z49.1:2012:** Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes
- **Norma AWS B4.0:** Standard Methods for Mechanical Testing of Welds
- **Norma ASTM A240:** Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications
- **Norma ASTM E3-2011:** Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens (Ensayo de microestructuras)
- **Norma AWS D1.6** Structural welding code stainless Steel (Código de soldadura estructural Acero inoxidable)

2.4.Red de categorías Fundamentales



2.5.HIPÓTESIS

Mediante un análisis en el proceso de soldadura GTAW de juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia, permitirá mejorar sus propiedades mecánicas.

2.6.SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.6.1. Variable Independiente

- Análisis del proceso de la soldadura GTAW y su incidencia mecánica en juntas a tope de acero Inoxidable AISI 304.

2.6.2. Variable Dependiente

- Propiedades Mecánicas

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1.Enfoque

La elaboración del presente trabajo es de carácter cuantitativo, ya que conlleva a realizar un análisis y estudio de cada una de sus variables, con el fin de determinar en laboratorios el mejoramiento de las propiedades mecánicas de acuerdo con las mediciones ejecutadas en los ensayos de dureza, tracción e impacto en un acero AISI 304. Durante la ejecución de los ensayos mecánicos mencionados anteriormente se deberá considerar sus procedimientos normalizados en normas establecidas como puede ser la ASTM y la AWS ya que son específicos para la investigación y así poder realizar una correcta lectura e interpretación de los resultados. Por otro lado, vale señalar que la información necesaria para la ejecución de este trabajo investigativo se lo llevará mediante una investigación bibliográfica, análisis de campo y por medio de entrevistas a personas expertas en el tema. La información será tomada de libros, catálogos, revistas, artículos, fichas técnicas, tesis y de fuentes confiables disponibles en el internet. Así mismo, el análisis de campo será un método muy esencial para obtener datos reales para poder de esta manera evidenciar cada uno de los resultados que se irán obteniendo en el desarrollo del presente trabajo investigativo, ya que va a estar en contacto directo con el trabajo a ser realizado.

3.2.Modalidad de la Investigación

El presente trabajo consta de las siguientes modalidades:

- Descriptivo ya que se trata de una investigación minuciosa de aquellos datos relevantes obtenidos en la experimentación.
- Aplicada con el fin de resolver problemas prácticos utilizando conocimientos científicos de varias ramas como por ejemplo los campos de la ingeniería, ayudando de esta manera a evitar aquellos procesos inadecuados en el Acero AISI 304.
- De laboratorio, debido a que el análisis de las propiedades mecánicas y composición química conlleva que la investigación sea desarrollada en laboratorios de materiales y soldadura, convirtiéndolo a este presente trabajo como una investigación experimental ya que se manejará métodos cuantitativos.

- Bibliográfico, esta modalidad ayudará a obtener la suficiente información de estudios previos y relacionados al análisis de la influencia en las propiedades mecánicas al aplicar soldadura GTAW, en un acero AISI 304, los cuales podrán ser tomados en cuenta para el desarrollo de este presente trabajo y para su posterior interpretación de resultados.

3.3. Niveles de la investigación

EXPERIMENTAL: Debido a que este presente trabajo requiere determinar las herramientas y equipos necesarios para la correcta ejecución de procedimientos de soldadura y ensayos mecánicos, ya que se pretende llevar a cabo un correcto análisis de la influencia en las propiedades mecánicas al aplicar soldadura GTAW, en un acero AISI 304. Así mismo se tomará los parámetros establecidos en normativas internacionales de soldadura para el correcto uso de estos mismos en este proceso de soldadura planteado en la investigación.

3.4. Población y Muestra

La población en la cual se va a llevar a cabo dicha investigación estará constituida por las placas de Acero Inoxidable AISI 304 y en estas se ejecutarán una serie de pruebas con el fin de obtener sus propiedades mecánicas que a su vez deberán ser verídicas. De acuerdo con la **NORMA AWS D1.6** recomienda emplear 2 muestras, pero para una mejor interpretación de los datos se tomará en cuenta 4 muestras.

Para el desarrollo del experimento se utilizará un diseño factorial completo desbalanceado de 2 x 2 x 3. Los factores por considerar de acuerdo con las variables analizadas son: 2 tipos de espesor del material (E1= 3mm; E2= 6mm), 2 tipos de junta de soldadura (J1= Tope y J2= Bisel) y 3 tipos de material de aporte (MA1= ER308L, MA2= ER316L, MA3= ER309L), en la Tabla 25 se indica la distribución del ensayo con respecto a las variables. Por tema de normalidad de datos se utiliza una réplica de 4 probetas dando como total 48 probetas que serán desarrolladas.

Tabla 25: Matriz de Variables

	E1= 3mm		E2= 6mm	
	NIVEL: J1	NIVEL: J2	NIVEL: J1	NIVEL: J2

NIVEL: MA1	4	4	4	4
NIVEL: MA2	4	4	4	4
NIVEL: MA3	4	4	4	4

Haciendo la distribución por el método de DOE se tiene la combinación de interacción de los factores, que se muestra en la tabla 26:

Tabla 26: Distribución de combinaciones

Ensayo	Ítem	Espesor (mm)	Tipo de junta	Material aporte
Tracción	1	3	Tope	ER308L
	2	3	Tope	ER316L
	3	3	Tope	ER309L
	4	3	Bisel	ER308L
	5	3	BISEL	ER316L
	6	3	BISEL	ER309L
	7	6	TOPE	ER308L
	8	6	TOPE	ER316L
	9	6	TOPE	ER309L
	10	6	BISEL	ER308L
	11	6	BISEL	ER316L
	12	6	BISEL	ER309L

Ensayo	Ítem	Espesor (mm)	Tipo de junta	Material aporte
Dureza	13	3	TOPE	ER308L
	14	3	TOPE	ER316L
	15	3	TOPE	ER309L
	16	3	BISEL	ER308L
	17	3	BISEL	ER316L
	18	3	BISEL	ER309L
	19	6	TOPE	ER308L
	20	6	TOPE	ER316L
	21	6	TOPE	ER309L
	22	6	BISEL	ER308L
	23	6	BISEL	ER316L
	24	6	BISEL	ER309L
Impacto	25	3	TOPE	ER308L
	26	3	TOPE	ER316L
	27	3	TOPE	ER309L
	28	3	BISEL	ER308L
	29	3	BISEL	ER316L
	30	3	BISEL	ER309L
	31	6	TOPE	ER308L
	32	6	TOPE	ER316L
	33	6	TOPE	ER309L
	34	6	BISEL	ER308L
	35	6	BISEL	ER316L
	36	6	BISEL	ER309L

Ensayo	Ítem	Espesor (mm)	Tipo de junta	Material de aporte
Tracción	37	3	TOPE	ER308L
	38	3	TOPE	ER316L
	39	3	TOPE	ER309L
	40	3	BISEL	ER308L
	41	3	BISEL	ER316L
	42	3	BISEL	ER309L
	43	6	TOPE	ER308L
	44	6	TOPE	ER316L
	45	6	TOPE	ER309L
	46	6	BISEL	ER308L
	47	6	BISEL	ER316L
	48	6	BISEL	ER309L

3.5.Operacionalización de las variables

- **Variable Independiente:**

Análisis del proceso de la soldadura GTAW y su incidencia mecánica en juntas a tope de acero Inoxidable AISI 304.

Tabla 27: Variable Independiente

Concepto	Categoría	Indicador	Índice	Técnicas e Instrumentos	
Proceso de soldadura GTAW con variación de los electrodos de Tungsteno proceso de soldadura llevado a cabo por un arco eléctrico la cual se establece entre un electrodo de tungsteno y el material base a ser soldado. La variación de los electrodos aplicada en el material base reflejará diferentes propiedades mecánicas en el cordón de soldadura de cada junta.	Por electrodos	ER308L	Resistencia a la tracción: 620MPa	Normas Catálogos Fichas Técnicas Bibliografía virtual Observación	
		ER316L	620MPa		
		ER309L	620 MPa		
	Tipo de Junta	Bisel Simple	60°	Separación de las piezas varían de acuerdo con el espesor y diámetro del electrodo.	Normas Catálogos Bibliografía virtual Observación Medición
		Soldadura a tope sin bisel			
	Espesor del material		3 mm	110 [A]	Catálogos Medición Observación
6 mm			190 [A]		

- **Variable Dependiente:**

Propiedades Mecánicas

Tabla 28: Variable Dependiente

Concepto	Categoría	Indicador	Índice	Técnicas e Instrumentos	
La Propiedades mecánicas son aquellas que van a describir como es el comportamiento de un material en presencia de una fuerza aplicada, existe ensayos mecánicos que ayudan a describir la resistencia del material en elementos previamente preparados para las pruebas correspondientes.	Ensayo de tracción	Resistencia a la Tracción	515 MPa	Normas Catálogos	
		Límite elástico	205 MPa	Fichas Técnicas Bibliografía virtual	
		Alargamiento	40 % (en 50 mm)	Observación Medición	
	Ensayo de Dureza	Dureza Brinell	Dureza Brinell	201 HB	Normas Catálogos
			Dureza Rockwell	92 HRBW	Fichas Técnicas Bibliografía virtual Observación
	Ensayo de Impacto	Energía absorbida	300 J	Normas Catálogos Bibliografía virtual Fichas Técnicas Observación	

3.6.Recolección de la Información

Para la recolección de la información será a partir de las variables planteadas es decir conforme se vaya desarrollando la operacionalización de las mismas, es decir mediante los ensayos mecánicos, pruebas, artículos, normas, procesos registrados en libros, procedimientos, experimentaciones, ideas y entre otros por destacar. Todo esto mencionado anteriormente ayudará a obtener la información útil y relevante para el

desarrollo correcto del análisis de las propiedades mecánicas en juntas soldadas a tope en acero AISI 304 mediante proceso GTAW.

Este análisis se verá influenciado por el número de probetas a ser ensayadas y en las cuales se llevará a cabo el proceso de soldadura GTAW con distinto material de aporte y estas posteriormente serán ensayadas con el fin de determinar y analizar el comportamiento de sus propiedades mecánicas, para luego registrar los datos en fichas técnicas de cada uno de los ensayos ejecutados.

3.7. Procesamiento y Análisis

- Recopilación relevante de información bibliográfica.
- Selección de la información más útil para el desarrollo de la investigación.
- Analizar la correcta forma de ejecutar ensayos mecánicos mediante recopilación de información en normas.
- Registrar los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos
- Analizar los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos mediante normas.
- Ejecutar la interpretación de los resultados obtenidos mediante la información recopilada en el marco teórico.
- Dar conclusiones y recomendaciones acerca del análisis de las propiedades mecánicas obtenidas de los ensayos.

3.8. Análisis e interpretación de los resultados

- Análisis de espectrometría de la probeta.
- Análisis de los ensayos mecánicos (tracción, Impacto, Dureza).
- Interpretación de los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos.
- Relacionar los resultados obtenidos con la investigación.
- Registrar los resultados en fichas y tablas técnicas.
- Dar una correcta verificación de la hipótesis conforme a los resultados obtenidos.
- Dar conclusiones y recomendaciones.

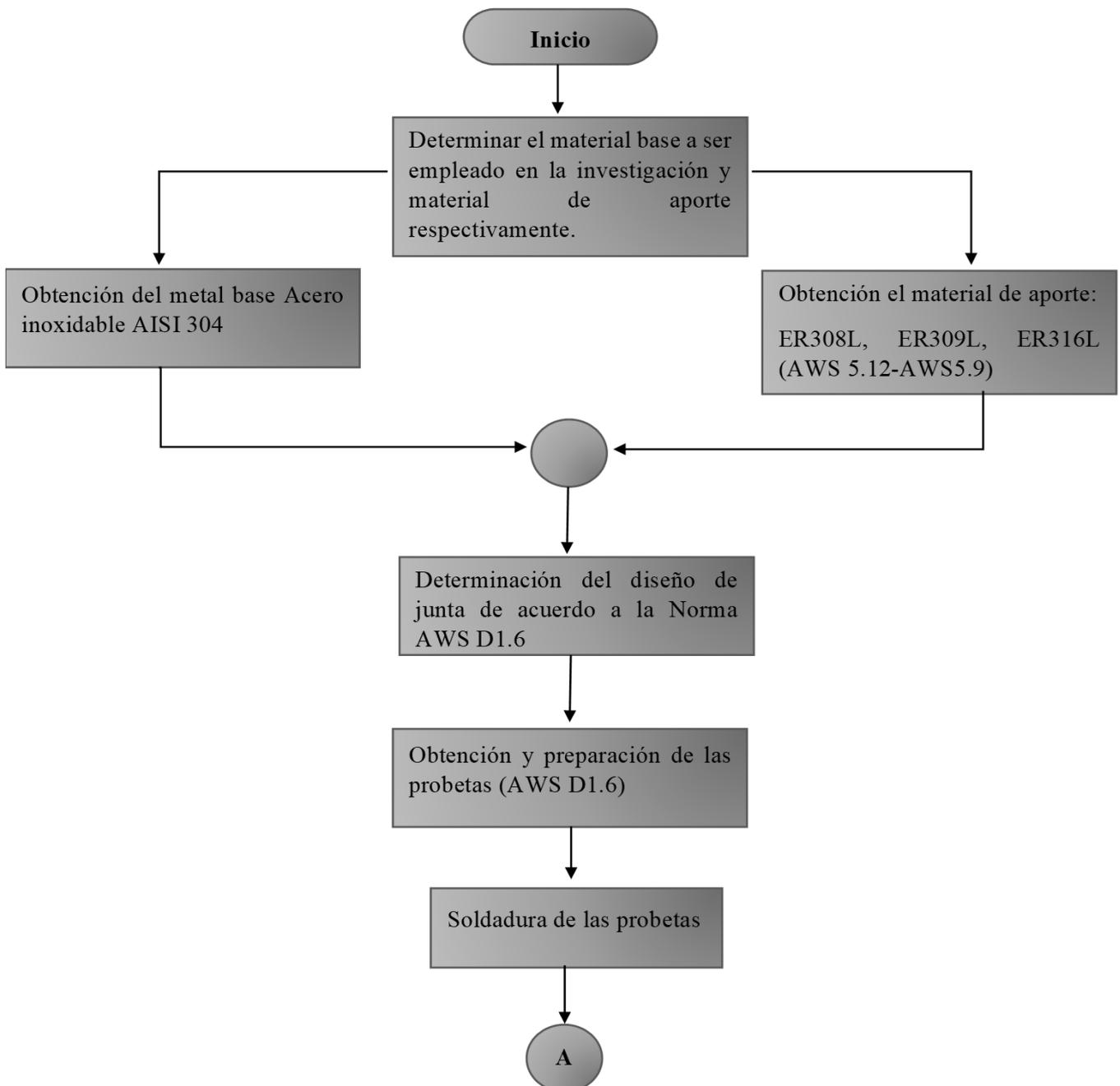
CAPÍTULO IV

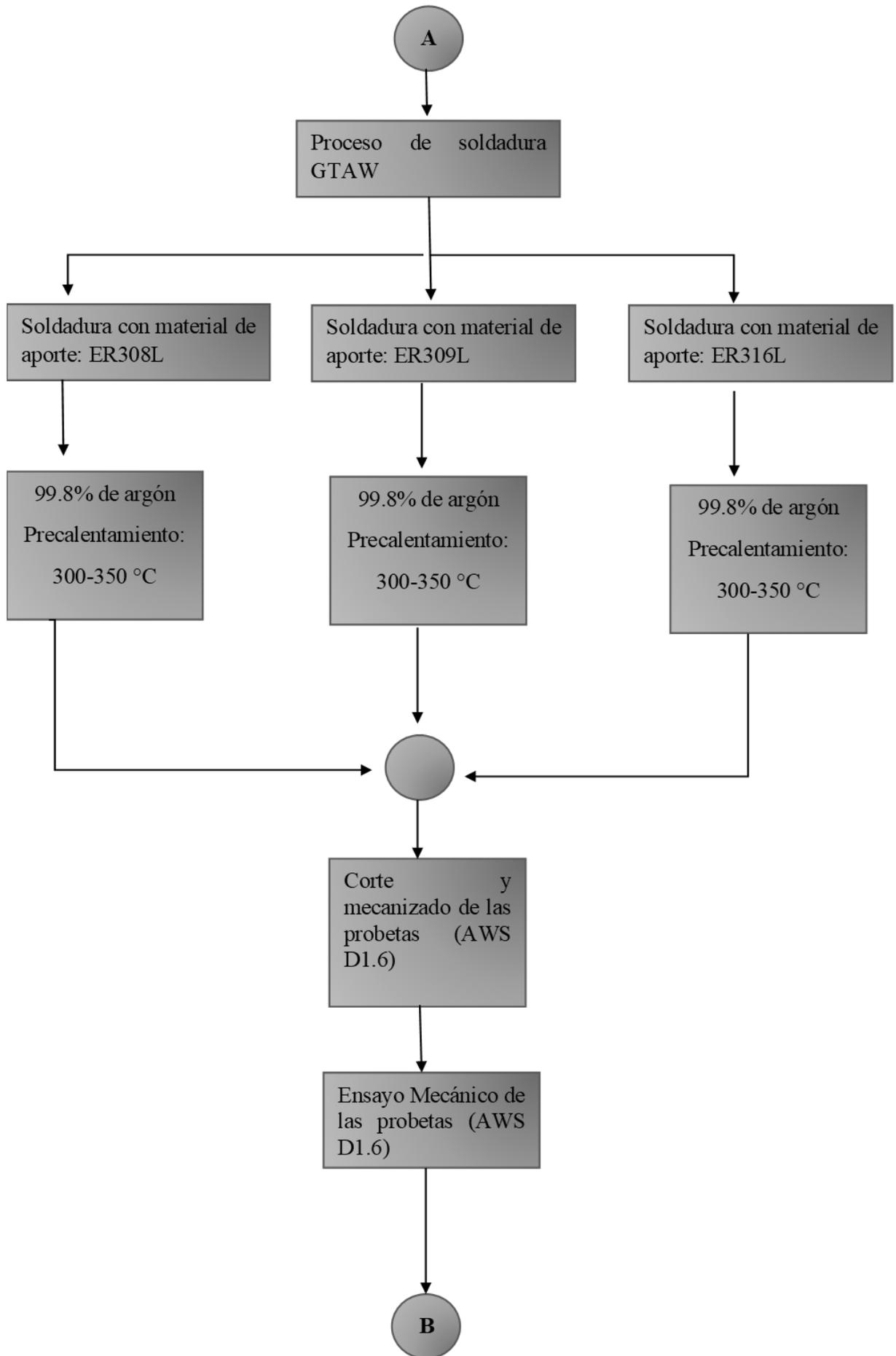
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1. Proceso de obtención y análisis de resultados.

Para el análisis del proceso de soldadura GTAW y su incidencia en las propiedades mecánicas en juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia, se describe de la siguiente manera el proceso de obtención y análisis de resultados de manera detallada en el siguiente diagrama de flujo:





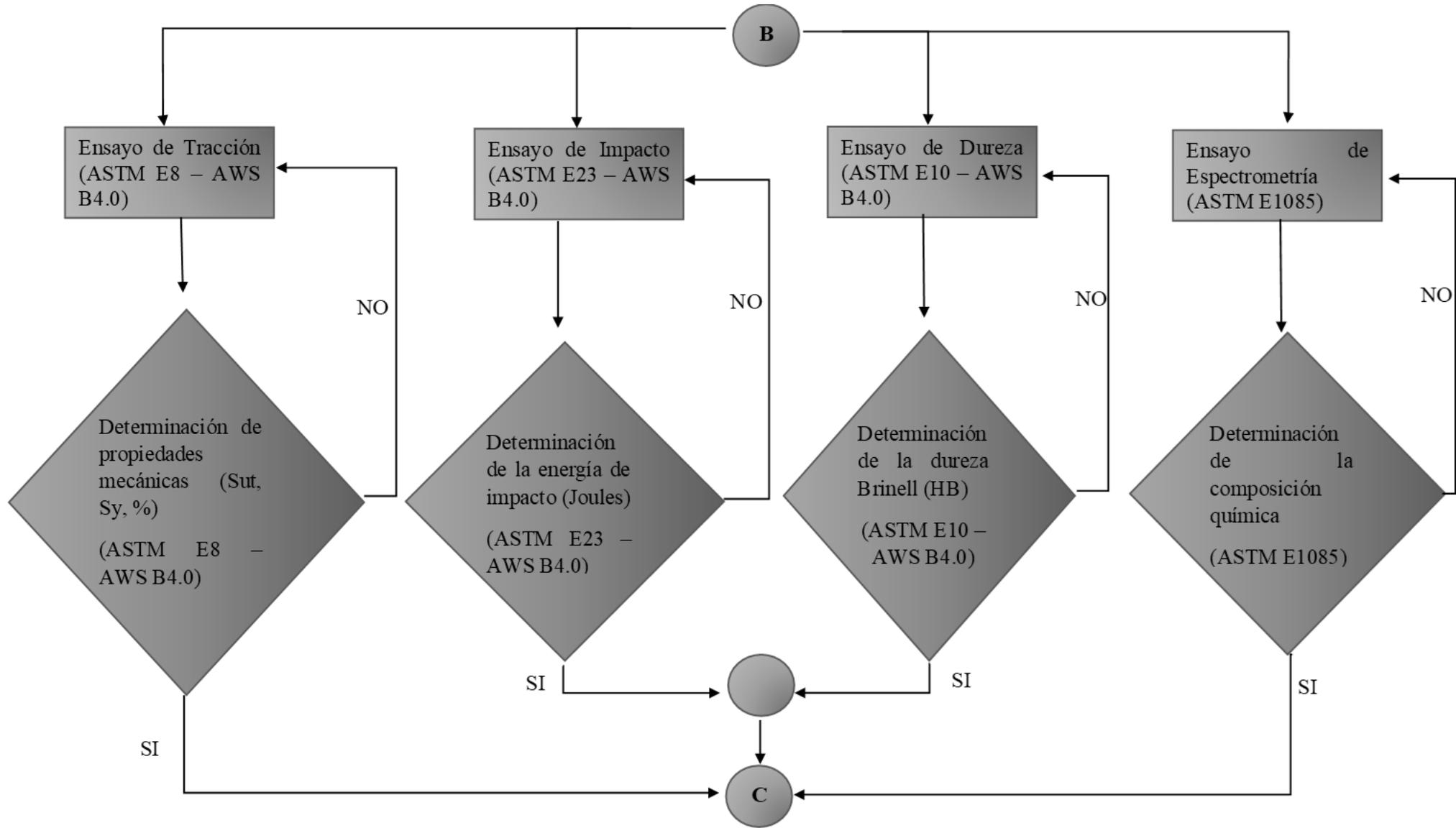




Figura 39: Diagrama del proceso de obtención y análisis de resultados

4.2.Tabulación y Representación de resultados

Para determinar las propiedades mecánicas en el acero inoxidable AISI 304 se empleó los siguientes ensayos:

- Ensayo de tracción
- Ensayo de impacto
- Ensayo de dureza (Brinell)

Proceso de soldadura: GTAW (TIG)

- Con material de aporte ER308L
- Con material de aporte ER309L
- Con material de aporte ER316L

Tipo de Junta:

- A tope
- Con bisel simple (60°)

Por espesor del material:

- 3 mm
- 6mm

A. ENSAYO A TRACCIÓN:

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	2	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	2	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	2	
TOTAL		6	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	2	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	2	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	2	
TOTAL		6	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	2	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	2	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	2	
TOTAL		6	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	2	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	2	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	2	
	TOTAL	6	

B. ENSAYO DE IMPACTO (CHARPY):

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	1	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	1	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	1	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	1	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	1	
	TOTAL	3	

C. ENSAYO DE DUREZA (BRINELL):

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	1	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A tope	1	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A tope	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A tope	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	1	3mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	1	
	TOTAL	3	

Material de Aporte	Tipo de Junta	Número de probetas	Espesor del material
Probeta con material de aporte ER308L	A Bisel	1	6mm
Probeta con material de aporte ER309L	A Bisel	1	
Probeta con material de aporte ER316L	A Bisel	1	
	TOTAL	3	

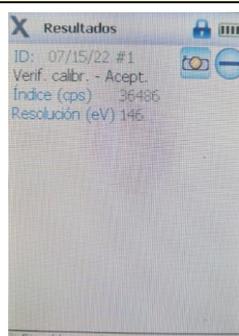
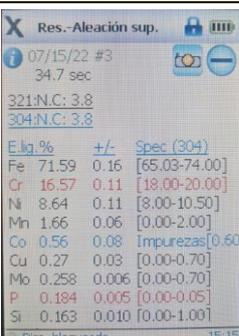
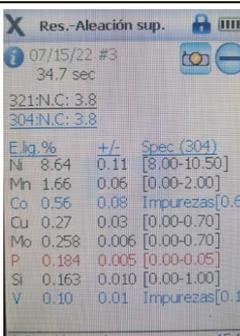
4.2.1. Análisis del acero Inoxidable AISI 304

Tabla 29: Datos técnicos del Acero AISI 304 de acuerdo con la NORMA ASTM A240

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS </div> 				
DATOS INFORMATIVOS				
Probeta:	PE1	Realizado por:	Jonathan Pazmiño	
Lugar:	Centro de Fomentos Productivo Metalmecánico Carrocero Provincia de Tungurahua	Fecha de ejecución	15/07/2022	
Temperatura ambiente del lugar:	20-25 °C	Flujo de aire del medio	Estático.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
Material.	Acero Inoxidable AISI 304	Tipo:	Austenítico	
Espesor:	3 (mm) 6 (mm)	Resistencia a la tracción:	515 MPa 75 KSI	
Longitud:	150 mm	Dureza	201 HB 92 HRBW	
Forma:	Placas rectangulares (Planas)	Tratamiento térmico	Condiciones de recocido	
Elongación 50 mm:	40 %	Resistencia a fluencia 0,2%	205 MPa 30 KSI	
OBSERVACIÓN:				
<p>Los datos de las principales propiedades mecánicas del Acero inoxidable AISI 304 fueron tomadas de la norma ASTM A-240</p>				
<p>Autor: JONATHAN PAZMIÑO</p>				

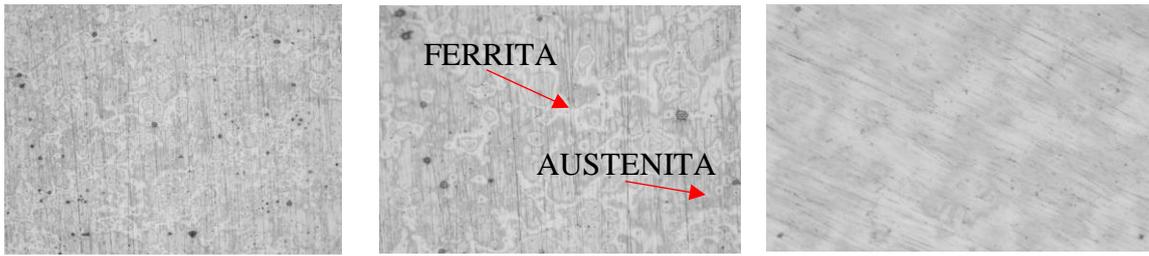
4.2.1.1. Ensayo de espectrometría por fluorescencia de rayos X del Acero Inoxidable AISI 304

Tabla 30: Análisis del ensayo de Espectrometría del ACERO AISI 340

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO								
	TIPO DE PRUEBA:	ESPECTROMETRÍA	Revisión: 01		Pag: 1 de 1					
ESPECIFICACIONES GENERALES										
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA									
MÉTODO UTILIZADO:	Comparación por Fluorecencia de Rayos X	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA: Plana #: ERX-01						
EQUIPO UTILIZADO:	Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C	SERIE: 541828	MATERIAL:	A. Inox. AISI - 304						
PARÁMETROS DEI ENSAYO ESPECTROMETRÍA										
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	N/A	TEMPERATURA DE ENSAYO:	22,3 °C	CONTEOS POR SEGUNDO: 36486						
RESOLUCIÓN EV:	146	NORMA:	ASTM 1085	ENERGÍA: 40 keV (0,2 mA)						
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROBETAS										
 <p>Calibración del Equipo</p>	 <p>Lectura de composición</p>		 <p>Espécimen</p>							
ANÁLISIS DE ESPECTROMETRÍA XRF										
ELEMENTOS										
	Fe	Cr	Ni	Mn	Co	Cu	Mo	P	Si	V
% Contenido	71,59	16,57	8,64	1,66	0,56	0,27	0,258	0,184	0,163	0,1
+/- error	0,16	0,11	0,11	0,06	0,08	0,03	0,006	0,005	0,01	0,01
OBSERVACIONES:										
Especificado en la librería de Materiales del equipo como: Acero inoxidable AISI-304										
Register by /Registrado por:										
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño									
Position/Cargo:	Investigador									
Date/Fecha:	15/7/2022									

4.2.1.2. Análisis metalográfico del Acero AISI 304

Tabla 31: Análisis del ensayo metalográfico del acero AISI 304

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA:	METALOGRÁFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
MÉTODO UTILIZADO:	Determinación microestructural mediante ataque químico	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana
EQUIPO UTILIZADO:	OLYMPUS SC30		MATERIAL:	A. Inox. AISI - 304	
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO					
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	PULIDO MECÁNICO	TEMPERATURA DE ENSAYO:	22,3 °C	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:	50 min
ATAQUE QUÍMICO	NITAL AL 4%	NORMA:	ASTM E3	TIEMPO DE ATAQUE QUÍMICO	90 seg
REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA PROBETA					
					
Especimen					
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO					
					
MAGNIFICACIÓN 100X		MAGNIFICACIÓN 200X		MAGNIFICACIÓN 1000X	
OBSERVACIONES:					
Para el ataque químico se utilizó la norma ASTM E407-2007 la cual, es empleada en ataque químico para prácticas estandar en metales y aleaciones.					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	15/7/2022				

4.2.1.3. Ensayo de tracción del acero ASI 304 sin material de aporte

Tabla 32: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 sin material de aporte

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana sin material de aporte
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm	ANCHO DE PROBETA:	3mm
PROCESO DE SOLDADURA:	-----	MATERIAL DE APORTE:	-----	GAS DE PROTECCIÓN:	-----
					
Temperatura de prueba:	18,8°C	Humedad Relativa:	50,10%		

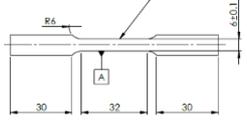
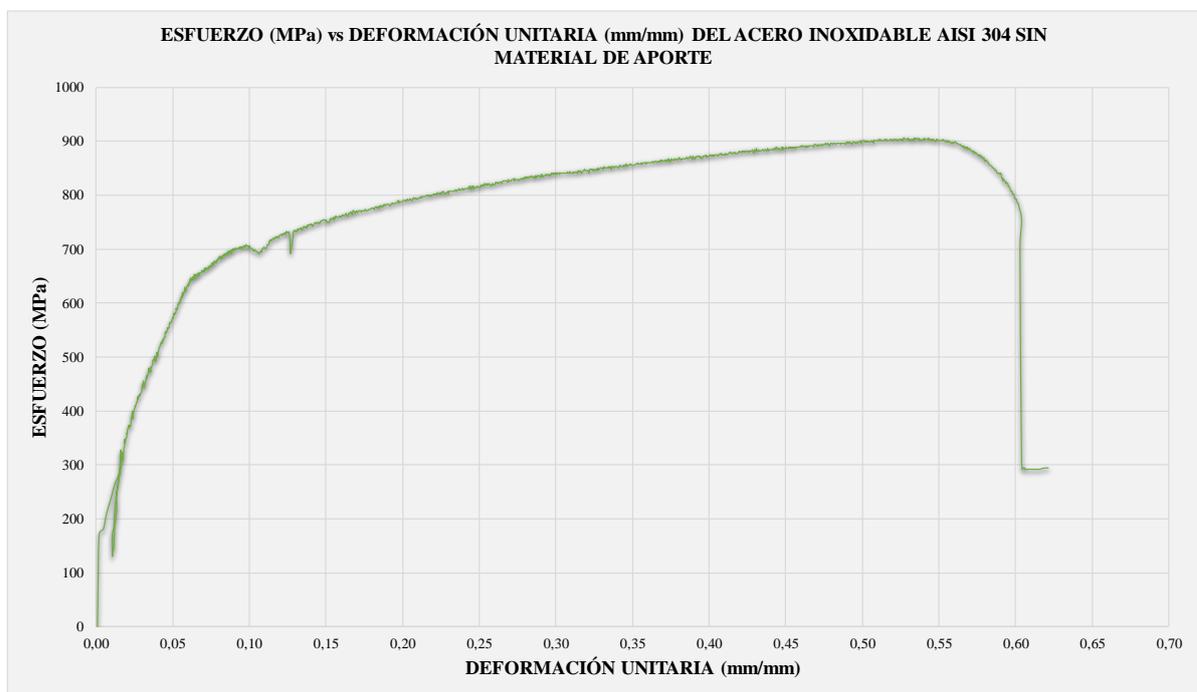
RESULTADOS OBTENIDOS										
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	6,89	3,01	25	40,538	18800	15950	906,51	643,72	769,09	62,15
			PROMEDIO X		18800	15950	906,51	643,72	769,09	62,15

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 240 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI - 304L.

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$\text{EL\%: } \frac{40.538 - 25}{25} * 100 = 62.1 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia ultima a la tracción(S_{ut}):

$$S_{ut} = \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut} = \frac{18800N}{6.89mm * 3.01mm}$$

$$\frac{18800 N}{20.738 mm^2} = 906.54 MPa$$

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

4.2.1.4. Ensayo de dureza Brinell HB del acero AISI 304 en la zona ZAT con material de aporte

Tabla 33: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 en la zona ZAT con material de aporte ER308L soldadura a Bisel

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO					
TIPO DE PRUEBA		ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
ESPECIFICACIONES GENERALES							
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA						
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada a bisel		
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.			
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA ZONA ZAT							
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304		
NÚMERO DE PROBETA:	1	ESPESOR:	3mm	ANCHO DE PROBETA:	50 mm		
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón		
							
Temperatura de prueba:	20,1 °C	Humedad Relativa:	48,40%				
RESULTADOS OBTENIDOS							
		DUREZA BRINELL HB					
		Medición 1: 3mm zona ZAT	163,00				
		Medición 2: 3mm zona ZAT	156,00				
		Medición 3: 3mm zona ZAT	163,00				
		Medición 4: 3mm zona ZAT	156,000				
		Medición 5: 3mm zona ZAT	158,00	Medición en el material base AISI 304	197,00		
		Promedio X	159,2	197,00			
		Desviación Estandar Sn-1	3,564				
		Coefficiente de variación CV	2,239				
OBSERVACIONES:							
De acuerdo con la norma ASTM A 240 el Acero Inoxidable AISI 304 en placas de presión su dureza Brinell es de 201 HB, pero en la mediciones realizadas estas resultaron ser menores debido a que se encuentra en la zona ZAT mientras tanto en el metal base obtuvimos una dureza brinell de 197 HB siendo correcta debido a que se encuentra cerca del rango especificado en la norma ASTM A240.							
		Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño						
Position/Cargo:	Investigador						
Date/Fecha:	12/7/2022						

4.2.1.5. Ensayos de tracción del acero AISI 304 con material de aporte

Tabla 34: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASTM E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 180442468520220712-ETM 01-1</p> <p>2 180442468520220712-ETM 01-2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3 180442468520220712-ETM 01-3</p> <p>4 180442468520220712-ETM 01-4</p> </div> </div>					
Temperatura de prueba:	19,9°C	Humedad Relativa:	57,50%		

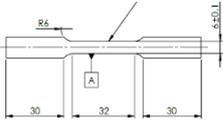
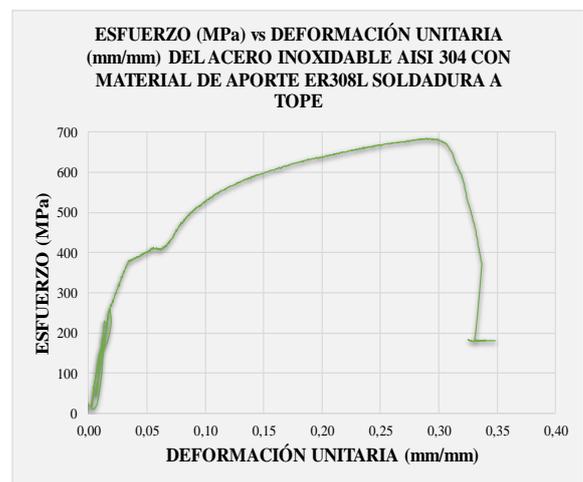
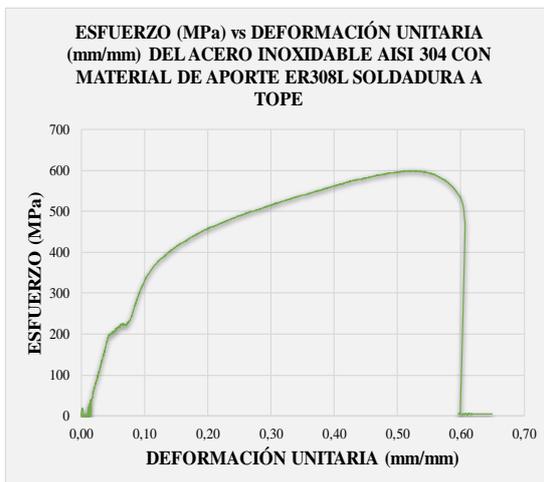
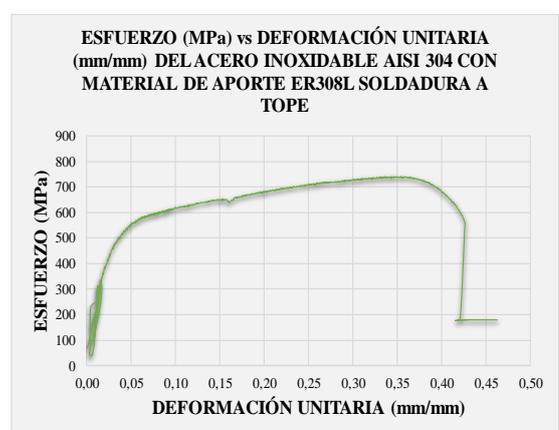
RESULTADOS OBTENIDOS											
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)	
	Ancho	Espesor									
1	6,22	2,94	25	35,703	14800	12950	809,33	579,65	708,16	42,812	
2	6,27	2,91	25	36,563	13500	10000	739,9	479,57	548,07	46,252	
3	6,63	5,71	25	41,232	22650	19350	598,3	194,15	511,13	64,928	
4	6,48	5,68	25	33,715	25150	13650	683,31	376,29	370,86	34,86	
			PROMEDIO X		19025	13987,5	707,71	407,415	534,555	47,213	
			DESVIACIÓN ESTANDAR S _n -1		5745,505	3909,26	89,309	164,643	138,64		12,74
			COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		30,20	27,95	12,62	40,41	25,94		26,98

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI-304 L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$EL\%1: \frac{35.703 - 25}{25} * 100 = 42.8 \%$$

$$EL\%2: \frac{36.563 - 25}{25} * 100 = 46.2 \%$$

$$EL\%3: \frac{41.232 - 25}{25} * 100 = 64.9 \%$$

$$EL\%4: \frac{33.715 - 25}{25} * 100 = 34.8 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia ultima a la tracción (Sut):

$$S_{ut}: \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut}1: \frac{14800 N}{6.2mm * 2.94mm} = \frac{14800 N}{18.28 mm^2} = 809.62 MPa$$

$$S_{ut}2: \frac{13500 N}{6.27mm * 2.91mm} = \frac{13500 N}{18.24 mm^2} = 740.13 MPa$$

$$S_{ut}3: \frac{22650 N}{6.63mm * 5.71mm} = \frac{22650 N}{37.85 mm^2} = 598.3 MPa$$

$$S_{ut}4: \frac{25150 N}{6.48mm * 5.68mm} = \frac{25150 N}{36.80mm^2} = 683.31 MPa$$

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

Tabla 35: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	21,2°C	Humedad Relativa:	55,90%		

RESULTADOS OBTENIDOS

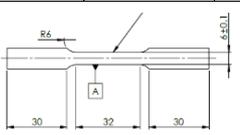
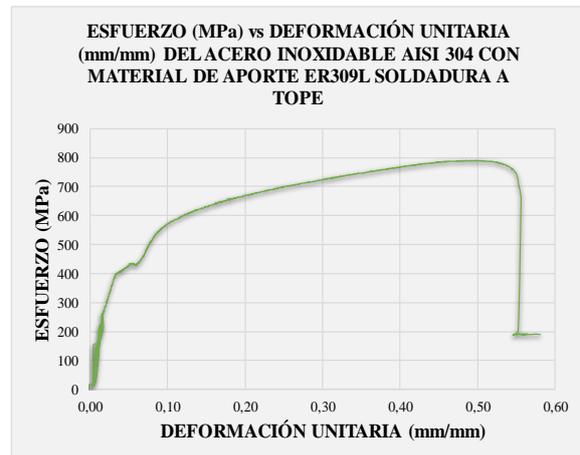
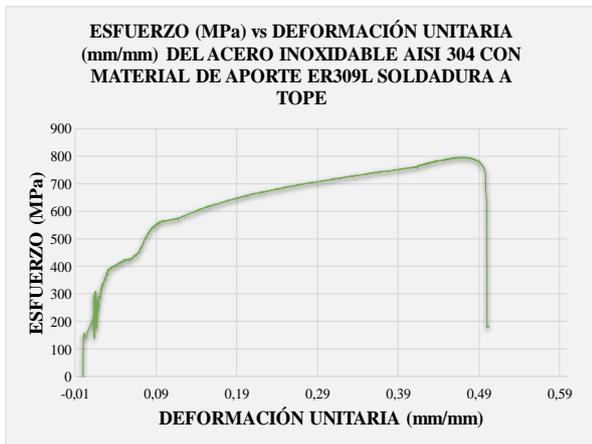
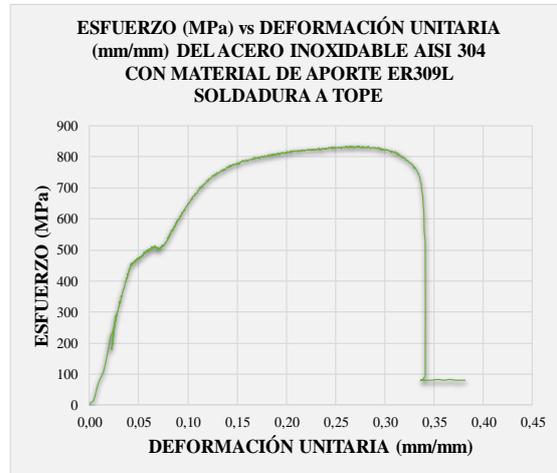
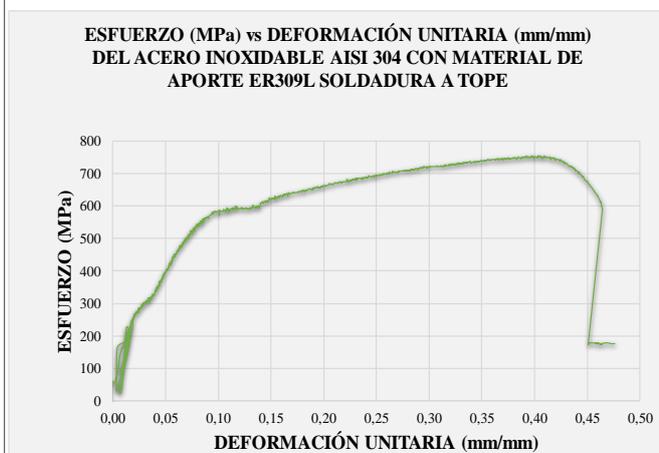
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	6,24	2,91	25	36,901	13700	10700	754,47	553,46	589,26	47,604
2	6,24	3,12	25	34,548	16250	13950	834,67	452,01	716,53	38,192
3	6,23	5,89	25	37,539	29200	24150	795,76	406,01	658,13	50,156
4	6,23	5,63	25	39,522	27750,01	25300	791,16	400,57	721,31	58,088
					PROMEDIO X 21725,003 18525 794,015 453,0125 671,3075 48,51		DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1 7885,70 7296,17 32,80 70,83 61,78 8,20		COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV 36,30 39,39 4,13 15,64 9,20 16,90	

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI - 304L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$EL\%1: \frac{36.901 - 25}{25} * 100 = 47,6 \%$$

$$EL\%2: \frac{34.548 - 25}{25} * 100 = 38,1 \%$$

$$EL\%3: \frac{37.539 - 25}{25} * 100 = 50,1 \%$$

$$EL\%4: \frac{39.522 - 25}{25} * 100 = 58 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia ultima a la tracción (Sut):

$$S_{ut} = \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut}1: \frac{13700 N}{6.24mm * 2.91mm} = \frac{13700 N}{18.15 mm^2} = 754.82 MPa$$

$$S_{ut}2: \frac{16250 N}{6.24mm * 3.12mm} = \frac{16250 N}{19.46 mm^2} = 835.04 MPa$$

$$S_{ut}3: \frac{29200N}{6.23mm * 5.89mm} = \frac{29200N}{36.69 mm^2} = 795.85 MPa$$

$$S_{ut}4: \frac{27750.01 N}{6.23mm * 5.63mm} = \frac{27750.01N}{35.07mm^2} = 791.27 MPa$$

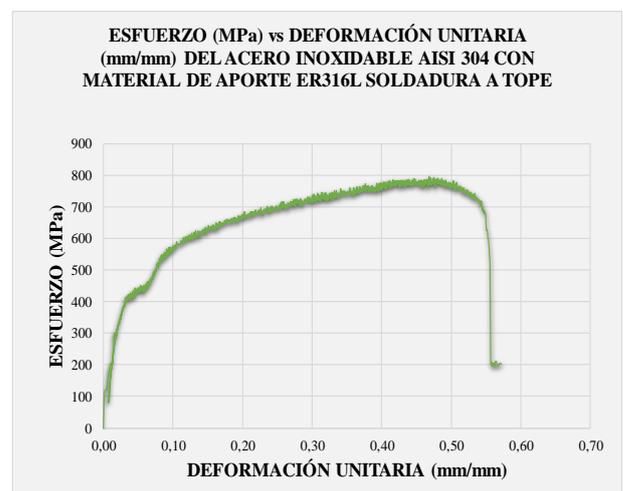
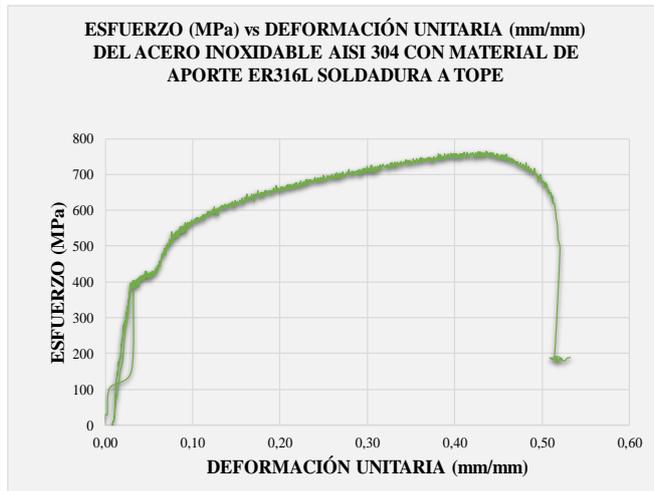
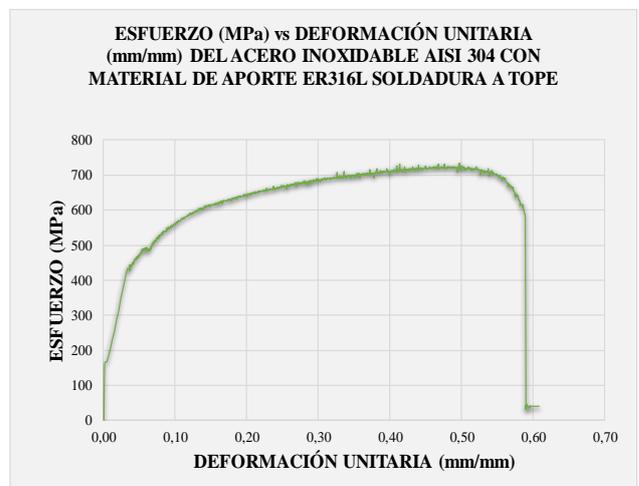
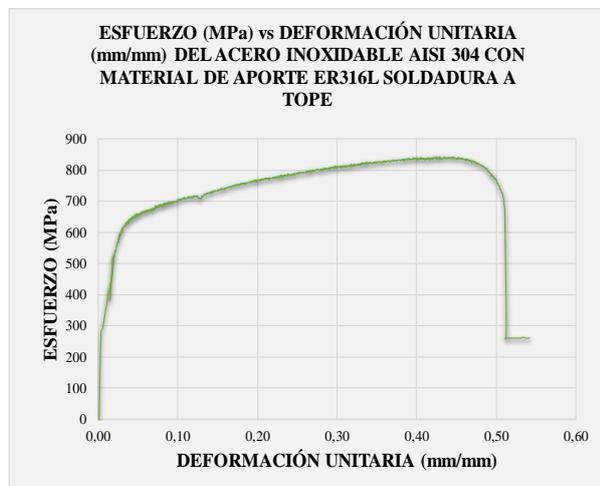
	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

Tabla 36: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C		VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA: 3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	21,6°C	Humedad Relativa:	53,60%		

RESULTADOS OBTENIDOS										
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	6,29	2,99	25	38,542	15850	13000	842,77	622,11	691,23	54,168
2	6,58	2,88	25	40,209	13900	10950	733,49	488,12	577,82	60,836
3	6,23	5,71	25	38,308	27200	22700	764,62	399,18	638,12	53,23
4	6,26	5,63	25	39,306	28050	20300	795,88	412,84	575,99	57,22
			PROMEDIO X		21250	16737,5	784,19	480,5625	620,79	56,3635
			DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		7412,27	5648,21	46,623	102,1	55,1	3,4
			COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		34,88	33,75	5,95	21,3	8,9	6,1

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI - 304L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$\text{EL\%1: } \frac{38.542 - 25}{25} * 100 = 54.1 \%$$

$$\text{EL\%2: } \frac{40.209 - 25}{25} * 100 = 60.8 \%$$

$$\text{EL\%3: } \frac{38.308 - 25}{25} * 100 = 53.2 \%$$

$$\text{EL\%4: } \frac{39.306 - 25}{25} * 100 = 57.2 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia última a la tracción (Sut):

$$S_{ut} = \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut1}: \frac{15850N}{6.29mm * 2.99mm} = \frac{15850 N}{18.80 mm^2} = 843.08 MPa$$

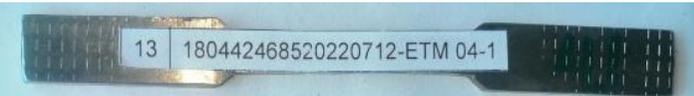
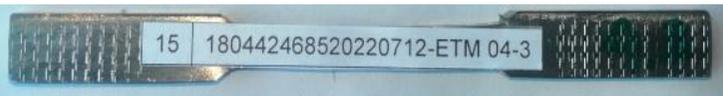
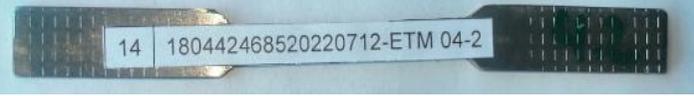
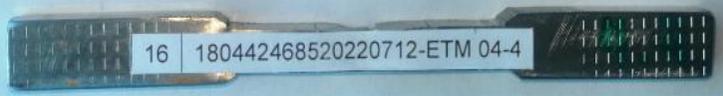
$$S_{ut2}: \frac{13900N}{6.58mm * 2.88mm} = \frac{13900 N}{18.95 mm^2} = 733.50 MPa$$

$$S_{ut3}: \frac{27200.01N}{6.23mm * 5.71mm} = \frac{27200.01N}{35.57 mm^2} = 764.68 MPa$$

$$S_{ut4}: \frac{28050.01 N}{6.26mm * 5.63mm} = \frac{28050.01N}{35.24 mm^2} = 795.88 MPa$$

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

Tabla 37: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
					
Temperatura de prueba:	21,4°C	Humedad Relativa:	54,30%		

RESULTADOS OBTENIDOS

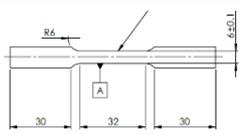
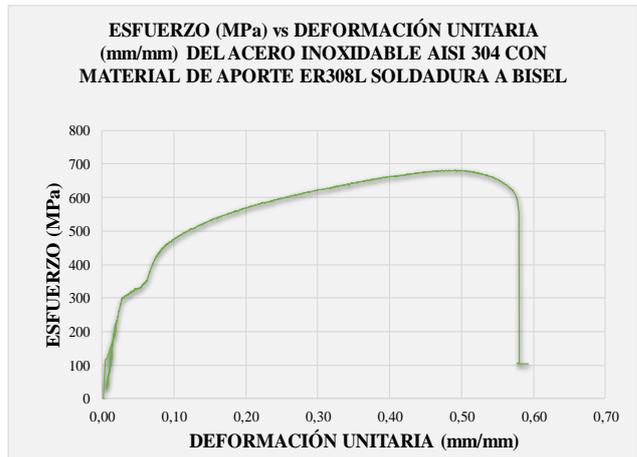
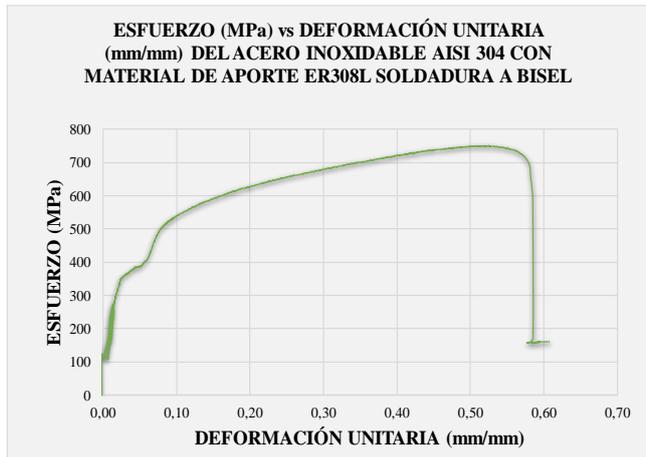
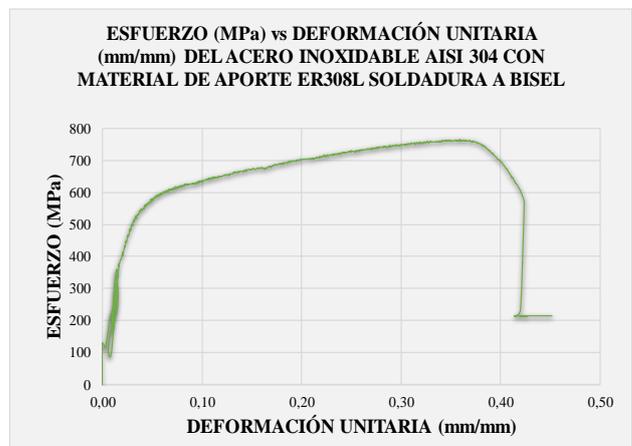
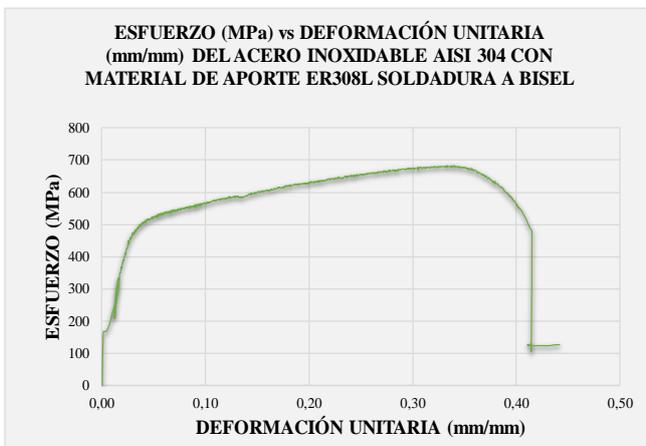
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)	
	Ancho	Espesor									
1	6,23	2,99	25	36,05	12700	8900	681,78	467,05	477,78	44,2	
2	6,26	2,97	25	36,3	14250	10600	766,45	543,24	570,13	45,2	
3	6,49	5,76	25	40,18	28100	25650	751,69	361,13	686,15	61	
4	6,58	5,68	25	39,83	25450	22200	680,95	301,01	593,99	59,32	
					PROMEDIO X	20125	16837,5	720,2175	418,1075	582,0125	52,43
					DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1	7780,374	8333,2	45,268	108,03	85,62	8,96
					COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV	38,66	49,49	6,29	25,84	14,71	17,09

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI - 304L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$\text{EL\%1: } \frac{36.05 - 25}{25} * 100 = 44 \%$$

$$\text{EL\%2: } \frac{36.30 - 25}{25} * 100 = 45.2 \%$$

$$\text{EL\%3: } \frac{40.18 - 25}{25} * 100 = 61 \%$$

$$\text{EL\%4: } \frac{39.83 - 25}{25} * 100 = 59.3 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia última a la tracción (Sut):

$$S_{ut}: \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut1}: \frac{12700N}{6.23mm * 2.99mm} = \frac{12700 N}{18.63 mm^2} = 681.7 MPa$$

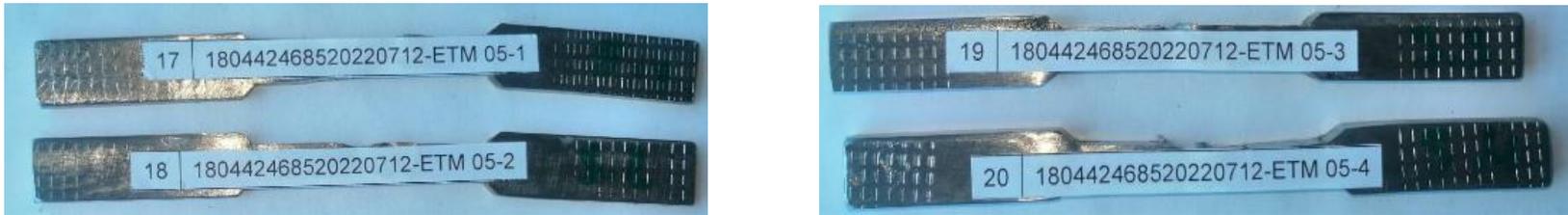
$$S_{ut2}: \frac{14250N}{6.26mm * 2.97mm} = \frac{14250N}{18.59 mm^2} = 766.54 MPa$$

$$S_{ut3}: \frac{28100.01N}{6.49mm * 5.76mm} = \frac{28100.01N}{37.38 mm^2} = 751.69 MPa$$

$$S_{ut4}: \frac{25450 N}{6.58mm * 5.68mm} = \frac{25450 N}{37.37 mm^2} = 681.02 MPa$$

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

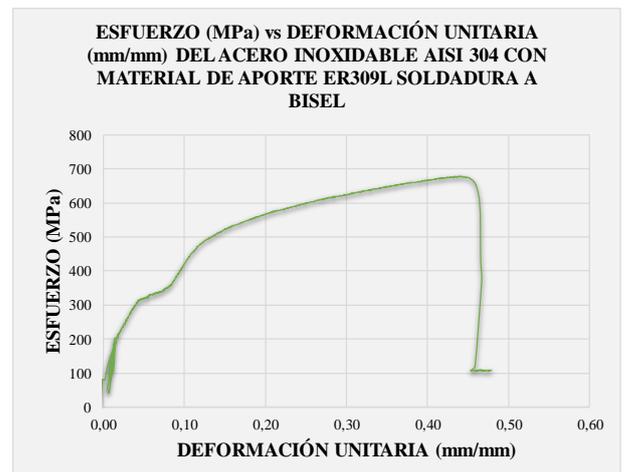
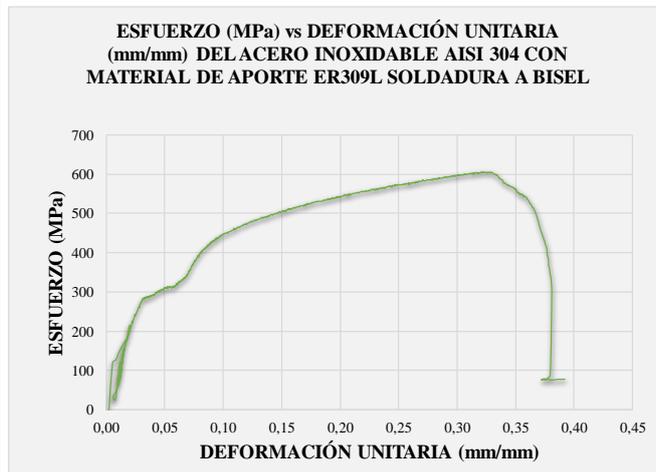
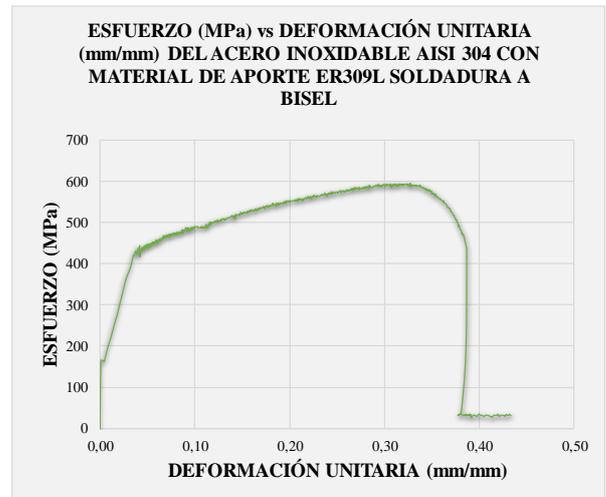
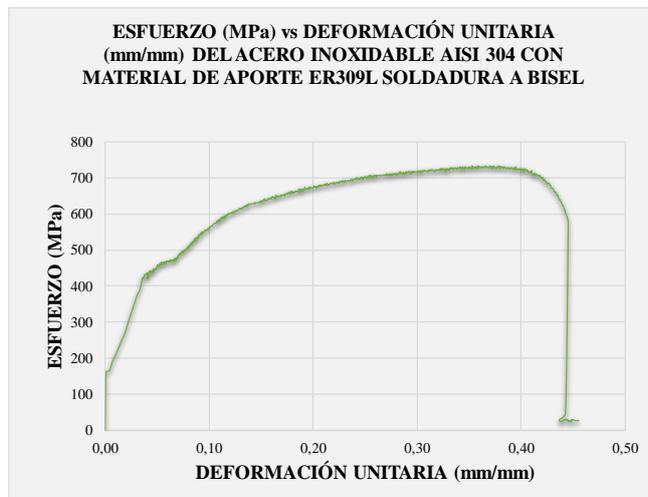
Tabla 38: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	21,1°C	Humedad Relativa:	54,50%		

RESULTADOS OBTENIDOS

# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	6,21	2,99	25	36,38	13600	10650	732,45	460,47	573,57	45,52
2	6,21	2,97	25	35,842	11000	8100	596,41	447,31	439,17	43,36
3	6,22	5,72	25	34,809	21550	14500	605,7	283,88	407,55	39,23
4	6,19	5,71	25	36,987	23950	21700	677,61	314,05	613,95	47,94
			PROMEDIO X		17525	13737,5	653,0425	376,4275	508,56	44,0125
			DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		6203,829	5924,44	64,179	90,45	100,58	3,70
			COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		35,4	43,13	9,83	24,03	19,78	8,40

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI-304 L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$EL\%1: \frac{36.38 - 25}{25} * 100 = 45 \%$$

$$EL\%2: \frac{35.842 - 25}{25} * 100 = 43 \%$$

$$EL\%3: \frac{34.809 - 25}{25} * 100 = 39.2 \%$$

$$EL\%4: \frac{36.987 - 25}{25} * 100 = 47 \%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia última a la tracción (Sut):

$$S_{ut}: \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut}1: \frac{13600N}{6.21mm * 2.99mm} = \frac{13600 N}{18.56 mm^2} = 732.75 MPa$$

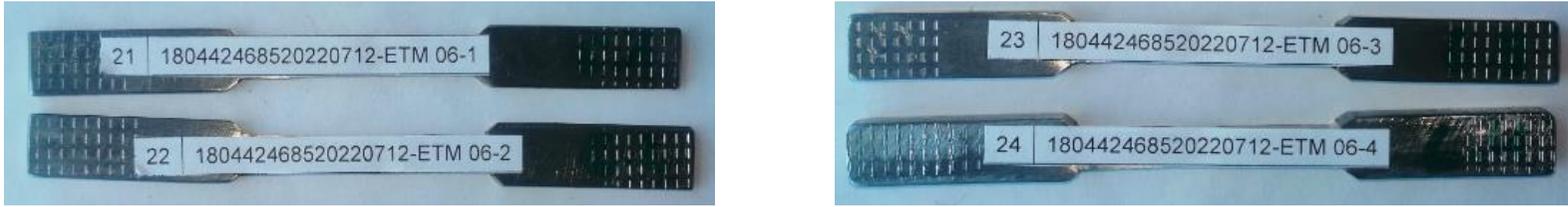
$$S_{ut}2: \frac{11000N}{6.21mm * 2.97mm} = \frac{11000N}{18.44 mm^2} = 596.52 MPa$$

$$S_{ut}3: \frac{21550N}{6.22mm * 5.72mm} = \frac{21550 N}{35.57 mm^2} = 605.84 MPa$$

$$S_{ut}4: \frac{23950 N}{6.19mm * 5.71mm} = \frac{23950 N}{35.34 mm^2} = 677.70 MPa$$

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

Tabla 39: Análisis del ensayo de tracción del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8/E8M-21	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 1500KN, Modelo STH-1500 S/C	VELOCIDAD ENSAYO:	5 mm/min	PRECARGA:	3000 N
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Maquinado fresadora	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	18,8°C	Humedad Relativa:	65,70%		

RESULTADOS OBTENIDOS

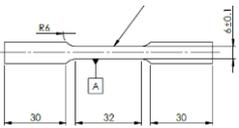
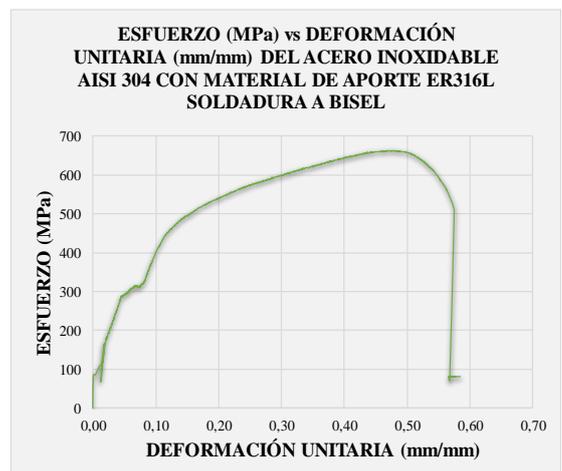
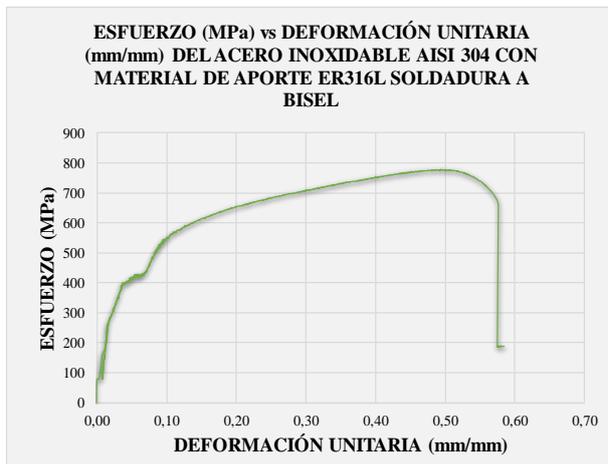
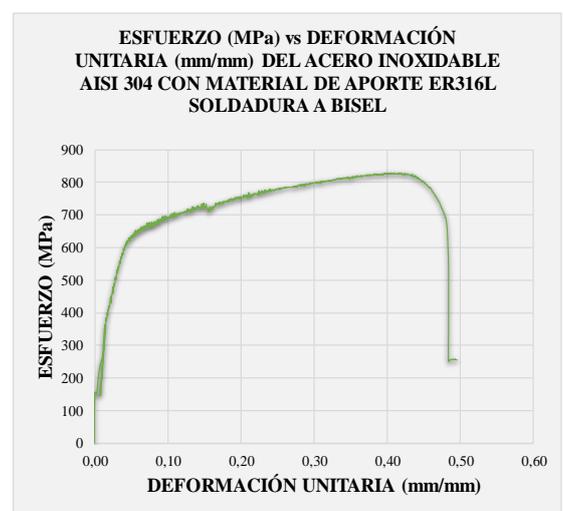
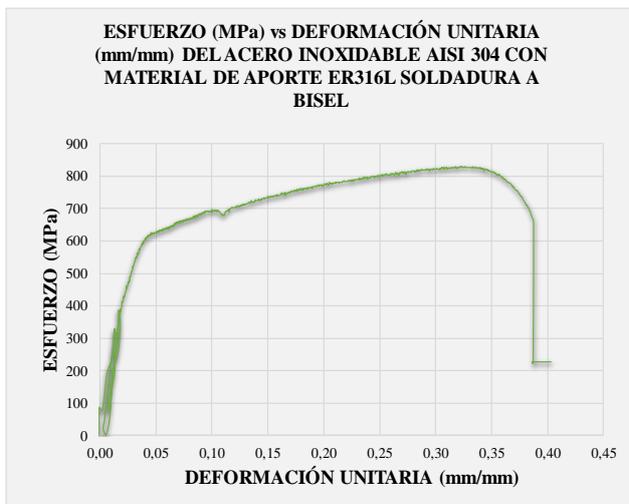
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	6,26	2,98	25	35,078	15450	12600	828,21	597,7	675,43	40,31
2	6,24	2,97	25	37,37	15350	12400	828,26	617,82	669,08	49,48
3	6,28	5,65	25	39,626	27600	23450	777,86	397,38	660,9	58,5
4	6,26	5,64	25	39,626	23400	18250	662,77	287,48	516,9	58,5
			PROMEDIO X	20450	16675	774,275	475,095	630,5775	51,6975	
			DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1	6078,244	5268,22	78,037	159,83	76,02	8,70	
			COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV	29,72	31,59	10,08	34	12,06	17	

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A 182 se considera a este material como un acero inoxidable Austenítico AISI - 304L, La rotura se dá dentro de la zona soldada

	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

CÁLCULOS

Porcentaje de Elongación % :

$$\% \text{ de Elongación: } \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

$$\text{EL\%1: } \frac{35.078 - 25}{25} * 100 = 40.3\%$$

$$\text{EL\%2: } \frac{37.37 - 25}{25} * 100 = 49.4\%$$

$$\text{EL\%3: } \frac{39.626 - 25}{25} * 100 = 58.5\%$$

$$\text{EL\%4: } \frac{39.626 - 25}{25} * 100 = 58.5\%$$

Nota: " La cantidad definida o establecida para la deformación unitaria usualmente es del 0.2% de la longitud calibrada ($\epsilon=0.002$)" **DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY PAG.29**

Resistencia ultima a la tracción (Sut):

$$S_{ut} = \frac{F_m}{A_o}$$

$$S_{ut1}: \frac{15450N}{6.26mm * 2.98mm} = \frac{15450 N}{18.65 mm^2} = 828.21 MPa$$

$$S_{ut2}: \frac{15350N}{6.24mm * 2.97mm} = \frac{15350 N}{18.53 mm^2} = 828.38 MPa$$

$$S_{ut3}: \frac{27600N}{6.28mm * 5.65mm} = \frac{27600 N}{35.48 mm^2} = 777.86 MPa$$

$$S_{ut4}: \frac{23400 N}{6.26mm * 5.64mm} = \frac{23400 N}{35.30 mm^2} = 662.88 MPa$$

	Register by / Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	13/7/2022

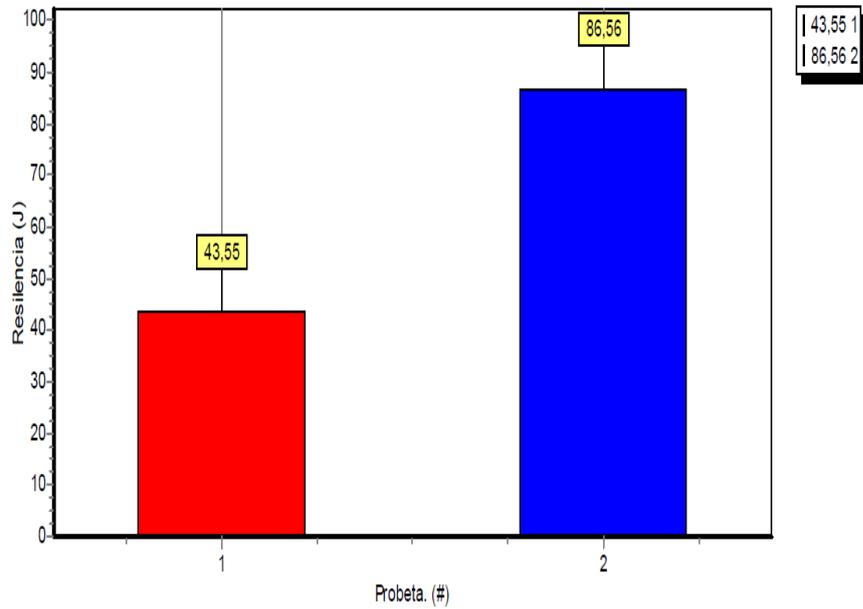
4.2.1.6. Ensayos de impacto del Aero inoxidable AISI 304 con material aporte

Tabla 40: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J		MODELO: PIC450/C	SERIE: M152552AR14	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	1 - 2	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>					
Temperatura de prueba:	23,9°C		Humedad Relativa:	45,30%	

RESULTADOS OBTENIDOS

PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 308L Tope	0,806	0,34	0,274	43,55	158,92	100	X	
Medición 2: 6mm 308L Tope	0,884	0,574	0,507	86,56	170,59	100	X	
PROMEDIO X				65,055	164,755			
DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1				30,413	8,252			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				46,749	5,01			

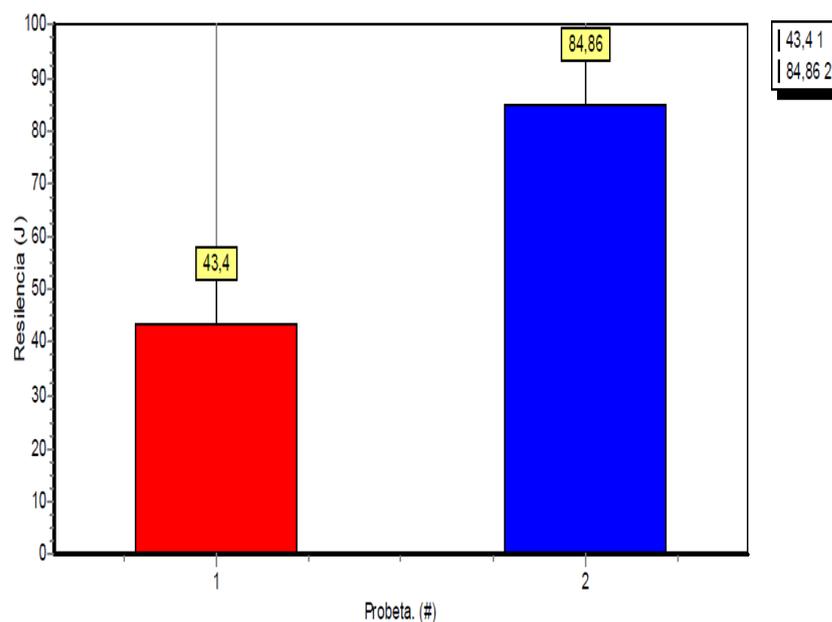


	Register by / Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

Tabla 41: Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J		MODELO: PIC450/C	SERIE: M152552AR14	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	3 - 4	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
 					
Temperatura de prueba:	24,1°C	Humedad Relativa:	44,60%		

RESULTADOS OBTENIDOS								
PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 309L Tope	0,9	0,341	0,307	43,4	141,41	100	X	
Medición 2: 6mm 309L Tope	0,798	0,573	0,457	84,86	185,59	100	X	
PROMEDIO X				64,13	163,5			
DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1				29,317	31,240			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				45,714	19,1			



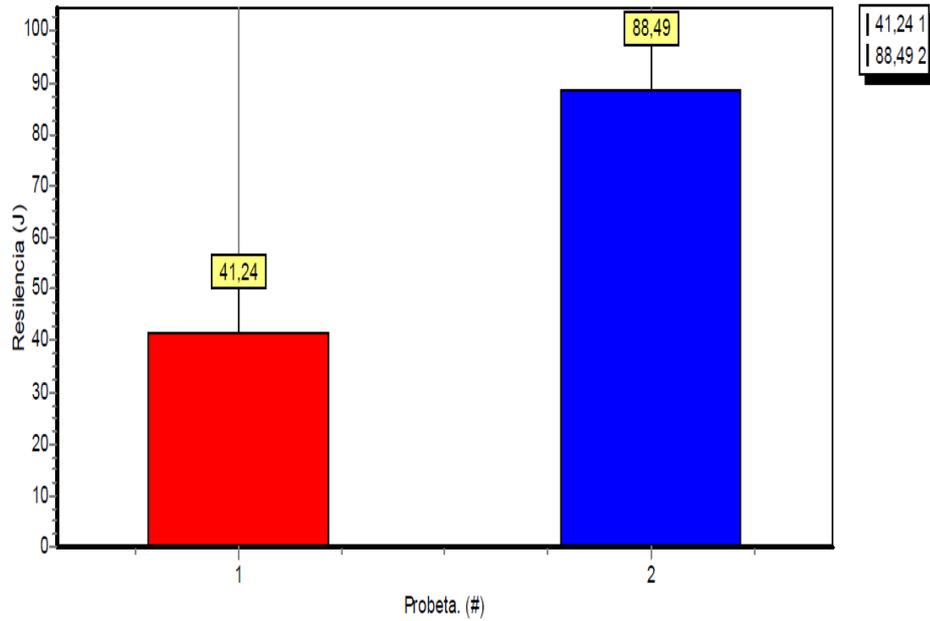
	Register by / Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

Tabla 42:Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J	MODELO:	PIC450/C	SERIE:	M152552AR14
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	5 - 6	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
					
Temperatura de prueba:	23,8°C	Humedad Relativa:	44,10%		

RESULTADOS OBTENIDOS

PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 316L Tope	0,885	0,333	0,295	41,24	139,94	100	X	
Medición 2: 6mm 316L Tope	0,815	0,573	0,467	88,49	189,49	100	X	
PROMEDIO X				64,865	164,715			
DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1				33,411	35,037			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				51,508	21,27			



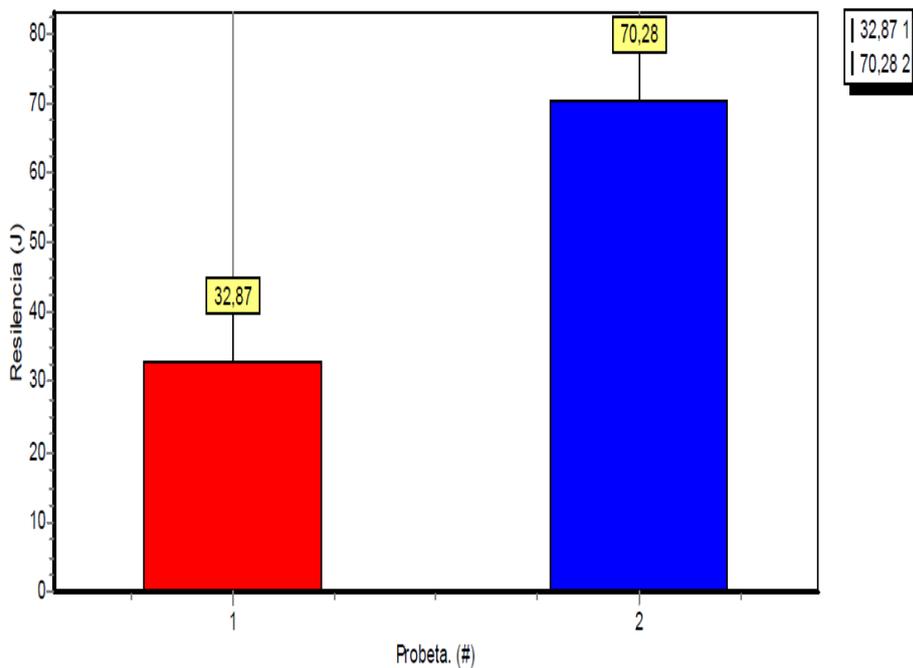
	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

Tabla 43:Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J		MODELO: PIC450/C	SERIE: M152552AR14	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI 304
NÚMERO DE PROBETA:	7 - 8	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
 					
Temperatura de prueba:	23,8°C		Humedad Relativa:	44,20%	

RESULTADOS OBTENIDOS

PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 308L Bisel	0,79	0,323	0,255	32,87	128,82	100	X	
Medición 2: 6mm 308L Bisel	0,779	0,601	0,468	70,28	150,11	100	X	
PROMEDIO X				51,575	139,465			
DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1				26,453	15,054			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				51,29	10,8			

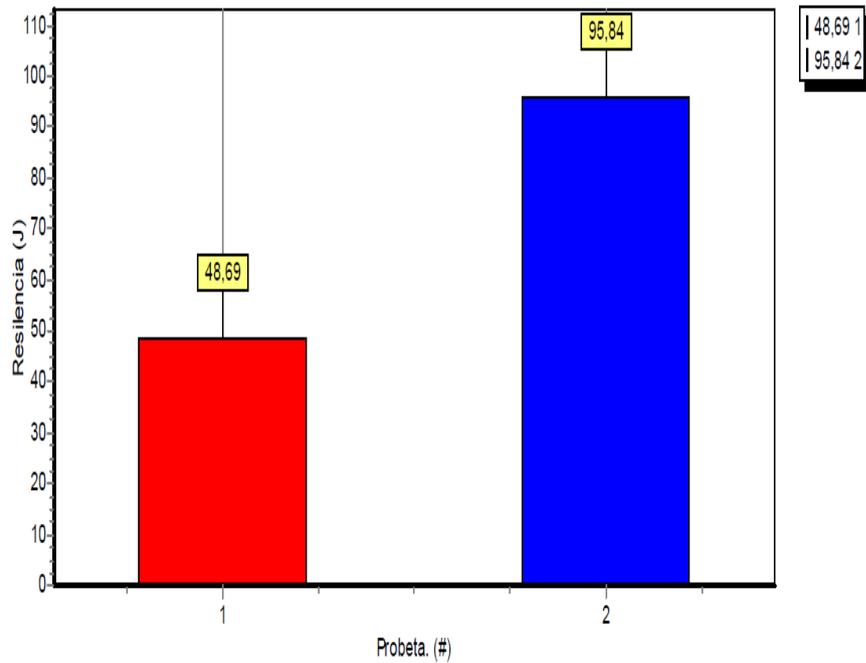


	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

Tabla 44:Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J		MODELO: PIC450/C	SERIE: M152552AR14	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	9 - 10	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
					
Temperatura de prueba:	23,6°C	Humedad Relativa:	44,10%		

RESULTADOS OBTENIDOS								
PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 309L Bisel	0,899	0,334	0,300	48,69	162,16	100	X	
Medición 2: 6mm 309L Bisel	0,859	0,587	0,504	95,84	190,07	100	X	
PROMEDIO X				72,265	176,115			
DESVIACIÓN ESTANDAR S _{n-1}				33,340	19,735			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				46,136	11,21			

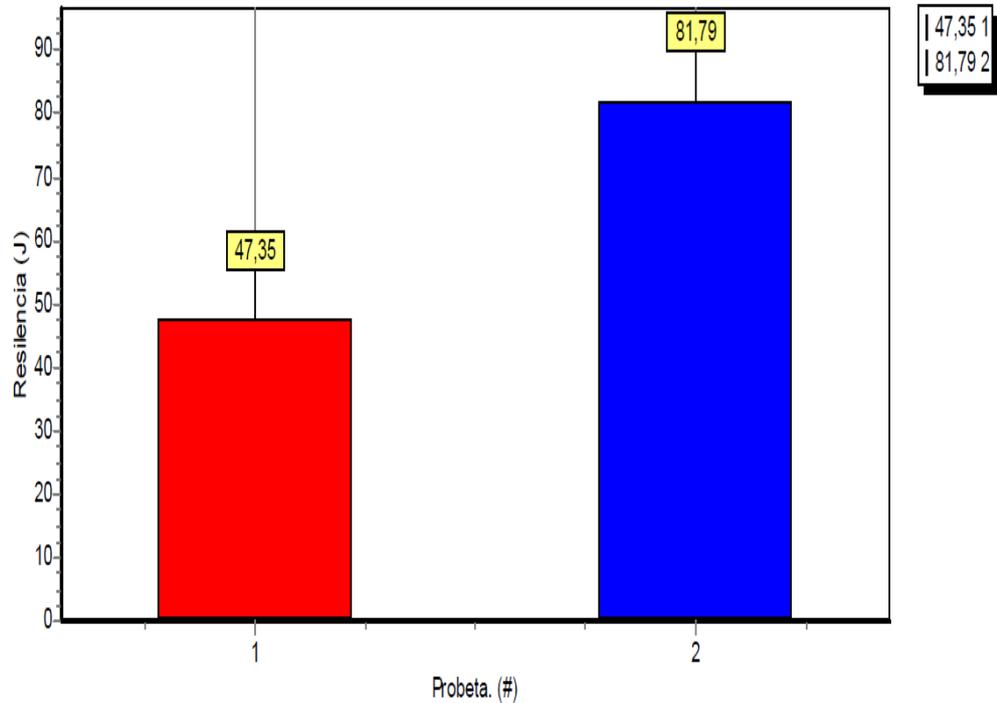


	Register by / Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

Tabla 45:Ensayo de Impacto (Charpy) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE IMPACTO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-23-18	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina de Ensayo Charpy PIC 450J		MODELO: PIC450/C	SERIE: M152552AR14	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Mecanizada	NORMA APLICADA:	ASME E-23-18	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	11 - 12	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	10 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	ER316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
TIPO DE MUESCA:	Entalle en V	ENERGÍA UTILIZADA:	450 J	TIPO DE PROBETA:	Sub - Size
 					
Temperatura de prueba:	23,5°C	Humedad Relativa:	44,80%		

RESULTADOS OBTENIDOS								
PROBETA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	ENERGÍA ABSORBIDA (J)	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)	% CIZALLAMIENTO	FRACTURA PROBETA (SI)	FRACTURA PROBETA (NO)
Medición 1: 3mm 308L Tope	0,837	0,329	0,275	47,35	171,95	100	X	
Medición 2: 6mm 316L Tope	0,7822	0,593	0,464	81,79	176,33	100	X	
PROMEDIO X				64,57	174,14			
DESVIACIÓN ESTANDAR S _n -1				24,353	3,097			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV				37,715	1,78			



	Register by /Registrado por:
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño
Position/Cargo:	Investigador
Date/Fecha:	12/7/2022

4.2.1.7. Ensayos de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 en el cordón de soldadura con diferente material de aporte

Tabla 46: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	1 - 2	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	20,9°C	Humedad Relativa:	51,90%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
	DUREZA BRINELL HB				
	Medición 1: 3mm 308L Tope		139		
	Medición 2: 6mm 308L Tope		148		
	PROMEDIO X		143,5		
	DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		6,364		
COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		4,435			
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión					
la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201HB, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados la en zona ZAT					
	Register by /Registrado por:				
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

Tabla 47:Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	3 - 4	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>					
Temperatura de prueba:	22,8°C	Humedad Relativa:	52,40%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
	DUREZA BRINELL HB				
	Medición 1: 3mm 309L Tope		133		
	Medición 2: 6mm 309L Tope		149		
	PROMEDIO X		141		
	DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		11,314		
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		8,024		
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión					
la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados en la zona ZAT					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

Tabla 48: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Tope

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Tope
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI 304
NÚMERO DE PROBETA:	5 - 6	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
 					
Temperatura de prueba:	20,7°C	Humedad Relativa:	52,50%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
		DUREZA BRINELL HB			
		Medición 1: 3mm 316L Tope	160		
		Medición 2: 6mm 316L Tope	155		
		PROMEDIO X	157,5		
		DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1	3,536		
		COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV	2,245		
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión					
la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados en la zona ZAT					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

Tabla 49:Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA:	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	7 - 8	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTA:	308L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
					
Temperatura de prueba:	20,7°C	Humedad Relativa:	52,70%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
	DUREZA BRINELL HB				
	Medición 1: 3mm 308L Bisel		147		
	Medición 2: 6mm 308L Bisel		146		
	PROMEDIO X		146,5		
	DESVIACIÓN ESTANDAR S _{n-1}		0,707		
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		0,483		
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados en la zona ZAT					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

Tabla 50: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER309L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	9 - 10	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	309L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
 					
Temperatura de prueba:	20,7°C	Humedad Relativa:	52,50%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
	DUREZA BRINELL HB				
	Medición 1: 3mm 309L Bisel	169			
	Medición 2: 6mm 309L Bisel	156			
	PROMEDIO X	162,5			
	DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1	9,192			
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV	5,657			
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión					
la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados en la zona ZAT					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

Tabla 51: Ensayo de Dureza Brinell (HB) del Acero AISI 304 con material de aporte ER316L soldadura a Bisel

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA	ENSAYO DE DUREZA	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-10/2018	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana soldada Bisel
EQUIPO UTILIZADO:	Durómetro ERNST, Modelo: NR3D		TIEMPO DE DURACIÓN DE FUERZA:	10 Seg.	
PARÁMETROS DE ENSAYO DE DUREZA					
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Limpieza superficial	NORMA APLICADA:	ASME E-10	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI-304
NÚMERO DE PROBETA:	11 - 12	ESPESOR:	3mm - 6 mm	ANCHO DE PROBETA:	50 - 30 mm
PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW	MATERIAL DE APORTE:	316L	GAS DE PROTECCIÓN:	100% Argón
 					
Temperatura de prueba:	20,7°C	Humedad Relativa:	52,60%		
RESULTADOS OBTENIDOS					
	DUREZA BRINELL HB				
	Medición 1: 3mm 316L Bisel		146		
	Medición 2: 6mm 316L Bisel		146		
	PROMEDIO X		146		
	DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		0,000		
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV		0		
OBSERVACIONES:					
De acuerdo con la norma ASTM A 240 Especificación Estandar para Acero Inoxidable al cromo - níquel en placas para tanques de presión					
la dureza Brinell de este material tiene un valor de 201, en este ensayo se ven menores valores debido a los datos tomados en la zona ZAT					
Register by /Registrado por:					
Name/Nombre:	Jonathan Pazmiño				
Position/Cargo:	Investigador				
Date/Fecha:	12/7/2022				

4.3. Interpretación de los Resultados

4.3.1. Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción

Tabla 52: Datos obtenidos del ensayo del Acero AISI 304 sin material de aporte

Metal AISI 304 sin material de aporte			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 01-01	643,72	906,51	62%
Promedio	643,72	906,51	62%

Tabla 53: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER308L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 01-01	579,65	809,33	42,8 %
ETM 01-02	479,57	739,90	46,2 %
ETM 01-03	194,15	598,30	64,9 %
ETM 01-04	376,29	683,31	34,8 %
Promedio	407,415	707,71	47%

Tabla 54: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER309L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 02-01	553,46	754,47	47,6 %
ETM 02-02	452,01	834,67	38,1 %

ETM 02-03	406,01	795,76	50,1 %
ETM 02-04	400,57	791,16	58 %
Promedio	453,0125	794,02	48 %

Tabla 55: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER316L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 03-01	622,11	842,77	54,1 %
ETM 03-02	488,12	733,49	60,8 %
ETM 03-03	399,18	764,62	53,2 %
ETM 03-04	412,84	795,88	57,2 %
Promedio	480,5625	784,19	56 %

Tabla 56: Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER308L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 04-01	467,05	681,78	44 %
ETM 04-02	543,24	766,45	45,2 %
ETM 04-03	361,13	751,69	61 %
ETM 04-04	301,01	680,95	59,3 %
Promedio	418,10	720,217	52 %

Tabla 57:Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER309L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 05-01	460,47	732,45	45 %
ETM 05-02	447,31	596,41	43 %
ETM 05-03	283,88	605,70	39,2 %
ETM 05-04	314,05	677,61	47 %
Promedio	376,43	653,04	44 %

Tabla 58:Datos obtenidos del ensayo a tracción en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER316L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa):	Sut-Resistencia a la tracción (MPa):	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 06-01	597,7	828,21	40,3 %
ETM 06-02	617,82	828,26	49,4 %
ETM 06-03	397,38	777,86	58,5 %
ETM 06-04	287,48	662,77	58,5 %
Promedio	475,095	774,28	52 %

A continuación, se procederá a realizar una comparación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción con los diferentes materiales de aporte empleados tanto para la soldadura a tope como a bisel con respecto a nuestro material base AISI 304 sin material de aporte, obteniendo de esta manera lo siguiente:

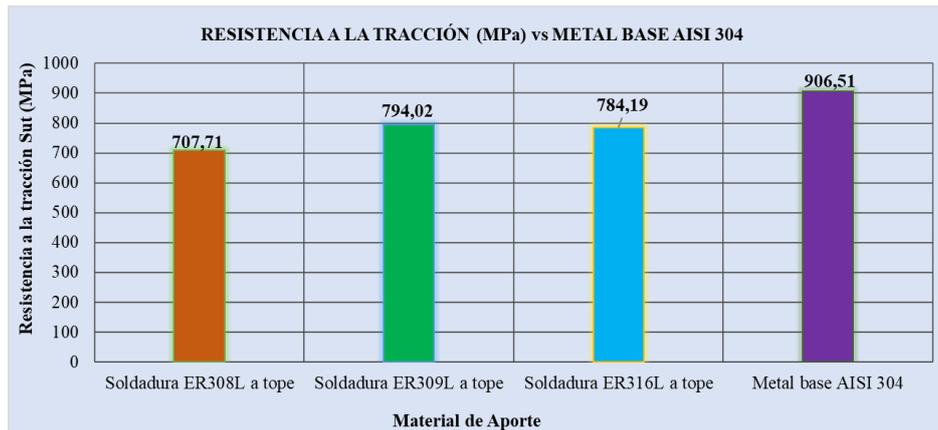


Figura 41: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción del acero AISI 304 soldadura a tope con material de aporte VS la resistencia a la tracción del material base AISI 304 sin material de aporte

En la figura 41 podemos apreciar los valores promedios de la resistencia a la tracción obtenidos en las soldaduras a tope con variación del material de aporte, así mismo podemos observar el valor promedio del metal base AISI 304 sin material de aporte. De esta manera podemos decir que para ejecutar un proceso de soldadura a tope con el electrodo ER309L con soldadura GTAW es el más apropiado ya que es el valor más alto es decir proporciona una mayor resistencia a la tracción (Sut) con un valor de 794.02 MPa, seguidamente tenemos el valor intermedio con una resistencia a la tracción (Sut) de 784.19 correspondiente a la soldadura con material de aporte ER316L y por ultimo tenemos al valor más bajo de 707.71 MPa resultando de este una resistencia a la tracción baja (Sut). Por otro lado, relacionándolos con el valor promedio obtenido de la probeta del acero ASI 304 sin material de aporte ni proceso de soldadura obtuvimos un valor de resistencia a la tracción (Sut) de 906,51 MPa indicándonos de tal forma que el material AISI 304 se encuentra en el rango correcto de la resistencia a la tracción (Sut) al compararlo con la norma ASTM A240.

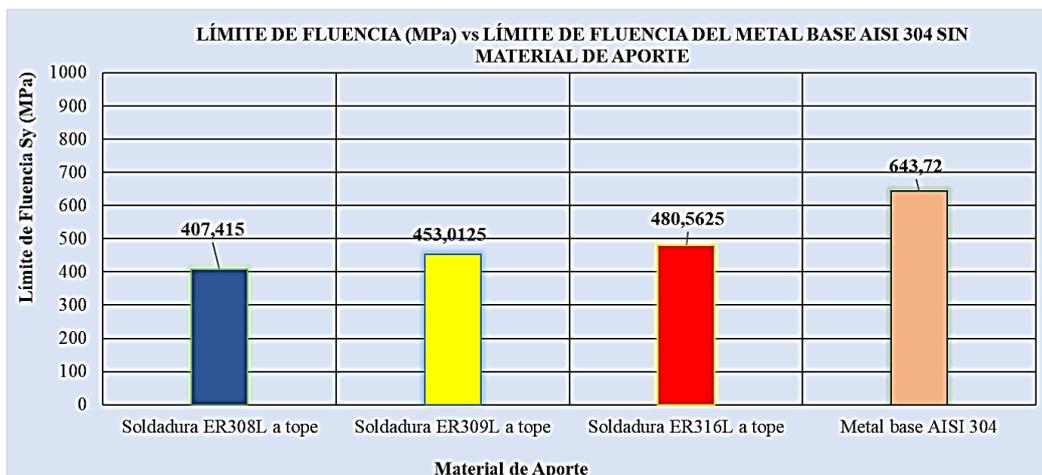


Figura 42: Comparación de los resultados obtenidos del límite de fluencia (S_y) con material de aporte soldadura a tope VS el límite de fluencia (S_y) del material base AISI 304 sin material de aporte.

En la figura 42 podemos apreciar los valores promedios del límite de fluencia (S_y) obtenidos en las soldaduras a tope con variación del material de aporte, así mismo podemos observar el valor promedio del metal base AISI 304 sin material de aporte. A simple vista podemos observar que el mejor desempeño con respecto al límite de fluencia (S_y) en un proceso de soldadura GTAW en una junta a tope corresponde al material de aporte ER316L con un valor de 480.56 MPa, mientras tanto como valor intermedio del límite de fluencia (S_y) tenemos al material de aporte ER309L con un desempeño de 453,012 MPa y como ultimo valor tenemos al proceso de soldadura ejecutado con el material de aporte ER308L el cual es de 407,41 MPa y en relación a nuestro material base AISI 304 el valor del límite de fluencia (S_y) varía entre si ya que obtuvimos un valor de 643,72 MPa.

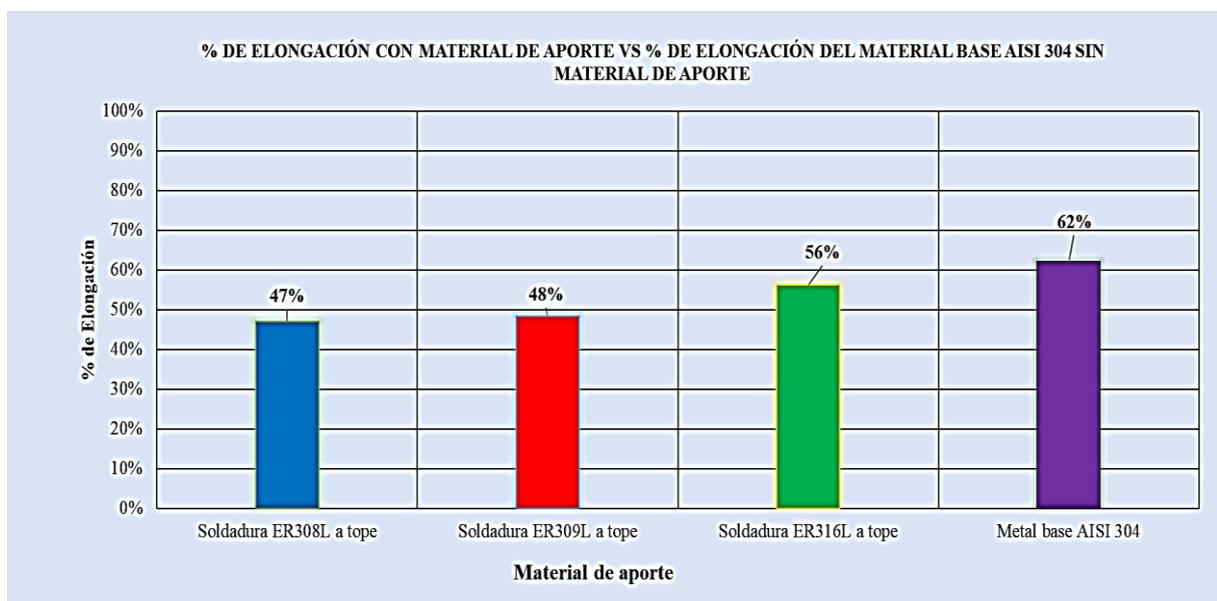


Figura 43: Comparación de los resultados obtenidos del porcentaje de elongación (%) con material de aporte soldadura a tope VS el porcentaje de elongación (%) del material base AISI 304 sin material de aporte.

En la figura 43 podemos observar que existe una diferencia en el porcentaje de elongación en aquellas juntas soldadas con variación del material de aporte con respecto al metal base AISI 304 de fabrica con un valor de diferencia promedio de 11%, teniendo de esta manera al proceso de soldadura GTAW con material de aporte ER316L con el valor más alto del porcentaje de elongación de 56% proporcionándonos de esta manera el mejor comportamiento con respecto a los demás materiales de aporte empleados en el proceso

de soldadura GTAW. Por otro lado, el valor intermedio le corresponde al material de aporte ER309L con un valor de 48 % y finalmente tenemos al material de aporte ER308L, es decir en esta junta soldada se perdió la mayor cantidad de capacidad elástica del material con un valor de 47%. Relacionándolo con nuestro material base AISI 304 sin material de aporte podemos decir que la soldadura afecta en sí a la capacidad elástica del material ya que en nuestro material base AISI 304 sin material de aporte obtuvimos un valor del porcentaje de elongación del 62%.

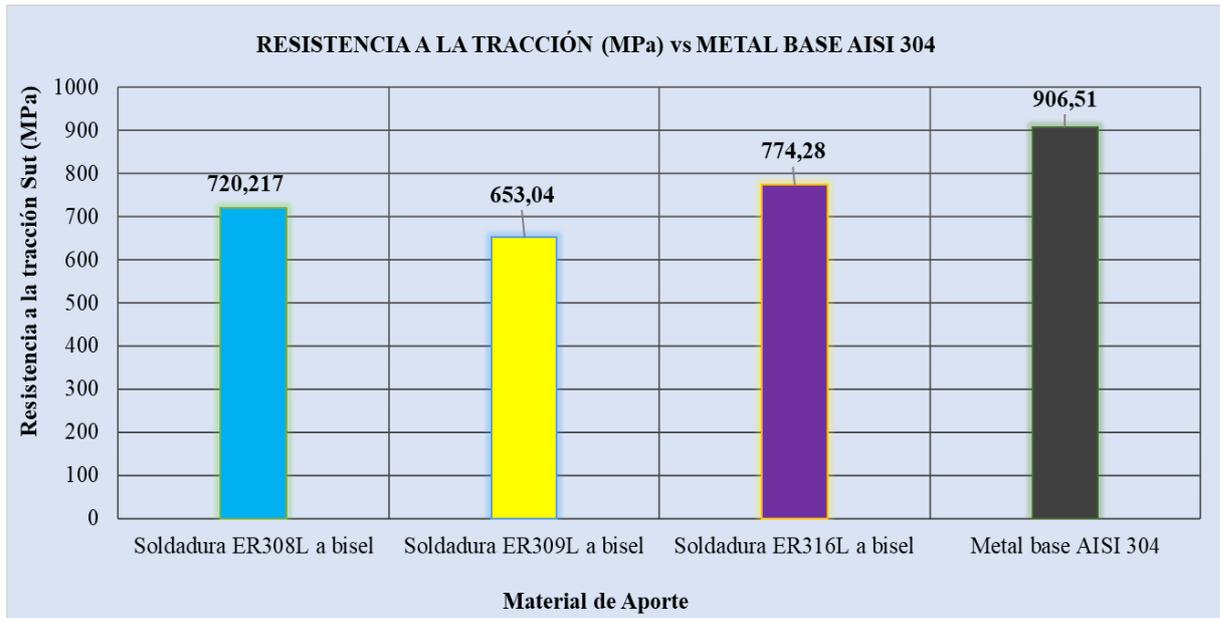


Figura 44: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos a tracción del acero AISI 304 soldadura a bisel con material de aporte VS la resistencia a la tracción del material base AISI 304 sin material de aporte

En la figura 44 podemos apreciar los valores promedios de la resistencia a la tracción obtenidos en las soldaduras a bisel con variación del material de aporte, así mismo podemos observar el valor promedio del metal base AISI 304 sin material de aporte. De esta manera podemos decir que para ejecutar un proceso de soldadura a bisel con el electrodo ER316L con soldadura GTAW es el más apropiado ya que es el valor más alto es decir proporciona una mayor resistencia a la tracción (Sut) con un valor de 774.28 MPa, seguidamente tenemos el valor intermedio con una resistencia a la tracción (Sut) de 720.217 MPa correspondiente a la soldadura con material de aporte ER308L y por ultimo tenemos al valor más bajo de 653.04 MPa resultando de este una resistencia a la tracción baja (Sut) correspondiente al material de aporte ER309L. Por otro lado, relacionándolos con el valor promedio obtenido de la probeta del acero ASI 304 sin material de aporte ni proceso de soldadura obtuvimos un valor de resistencia a la tracción (Sut) de 906,51 MPa

indicándonos de tal forma que el material AISI 304 se encuentra en el rango correcto de la resistencia a la tracción (Sut) al compararlo con la norma AST A240. Vale recalcar que a comparación de una soldadura a tope obtuvimos una menor resistencia a la tracción (Sut) tanto para el material de aporte ER316L y ER309L, mientras tanto que la resistencia a la tracción (Sut) con el material de aporte ER308L en una soldadura a bisel incremento su resistencia que uno a tope.

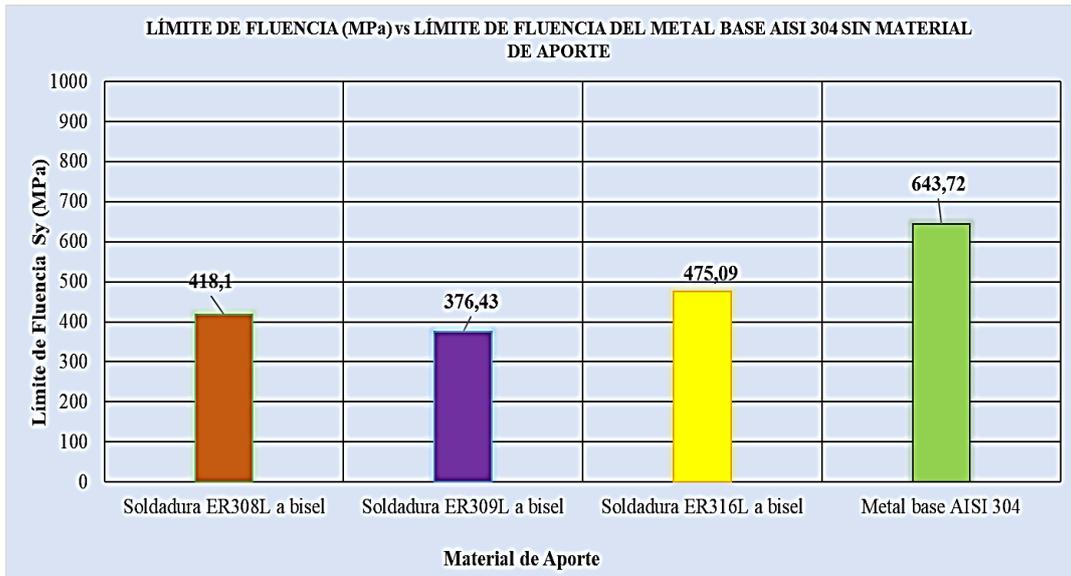


Figura 45: Comparación de los resultados obtenidos del límite de fluencia (Sy) con material de aporte soldadura a bisel VS el límite de fluencia del material base AISI 304 sin material de aporte.

En la figura 45 se aprecia los valores promedios del límite de fluencia (Sy) obtenidos en las soldaduras a bisel con variación del material de aporte, así mismo podemos observar el valor promedio del metal base AISI 304 sin material de aporte sobresale sobre las soldaduras con material de aporte con un valor de 643.72 MPa. A simple vista podemos observar que el mejor desempeño con respecto al límite de fluencia (Sy) en un proceso de soldadura GTAW en una junta a bisel corresponde al material de aporte ER316L con un valor de 475MPa, mientras tanto como valor intermedio al límite de fluencia (Sy) tenemos al material de aporte ER308L con un desempeño de 418.1 MPa y como ultimo valor tenemos al proceso de soldadura ejecutado con el material de aporte ER309L con un valor del límite a la fluencia de 376.43 MPa.

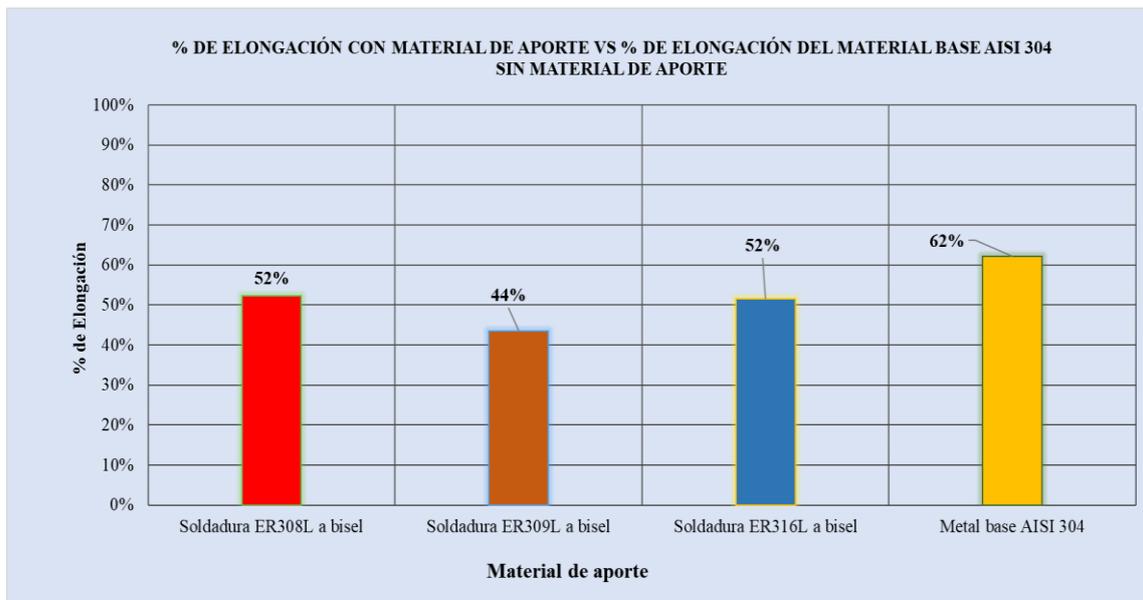


Figura 46: Comparación de los resultados obtenidos del porcentaje de elongación (%) con material de aporte soldadura a bisel VS el porcentaje de elongación (%) del material base AISI 304 sin material de aporte.

En la figura 46 podemos observar que en un proceso de soldadura GTAW en juntas a bisel los materiales de aporte ER308L y ER3016L son los valores más alto del porcentaje de elongación con un valor del 52% proporcionándonos de esta manera el mejor comportamiento con respecto al material de aporte ER309L ya que con este material obtuvimos un valor del 44% es decir en esta junta soldada se perdió la mayor cantidad de capacidad elástica del material. Relacionándolo con nuestro material base AISI 304 sin material de aporte podemos decir que la soldadura afecta en sí a la capacidad elástica del material ya que en nuestro material base AISI 304 sin material de aporte obtuvimos un valor del porcentaje de elongación del 62%.

4.3.2. Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de dureza Brinell (HB)

Para los ensayos de dureza se realizó tanto en el cordón de soldadura ejecutados con variación de material de aporte específicamente en el centro de ellos, además tomamos 5 medidas en la zona ZAT (zona afectada térmicamente) con material de aporte ER308L soldadura a tope y de igual manera realizamos una medida de dureza en el material base ASI 304 con el fin de poderlos comparar y poder así apreciar como varia la dureza tanto en la soldadura, Zona ZAT y material base AISI 304.

Tabla 59:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en el Acero AISI 304 sin material de aporte

Material base AISI 304 sin material de aporte	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
MATERIAL BASE AISI 304	197
Promedio	197

Tabla 60:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en la zona afectada térmicamente ZAT del Acero AISI 304 con material de aporte ER308L

Medidas tomadas en la zona afectada térmicamente ZAT con material de aporte ER308L-tope	
N° de mediciones	Dureza Brinell HB
Medición #01	163
Medición #02	156
Medición #03	163
Medición #04	156
Medición #05	158
Promedio	159,2

Tabla 61:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER308L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 01-1	139
EDB 01-2	148
Promedio	143,50

Tabla 62:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER309L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 02-1	133
EDB 02-2	149
Promedio	141

Tabla 63:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER316L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 03-1	160
EDB 03-2	155
Promedio	157,50

Tabla 64:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER308L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 04-1	147
EDB 04-2	146
Promedio	146,50

Tabla 65:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER309L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 05-1	169
EDB 05-2	156
Promedio	162,5

Tabla 66:Datos obtenidos del ensayo de dureza Brinell (HB) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER316L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 06-1	146
EDB 06-2	146
Promedio	146

De la misma manera se procederá a realizar una comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de dureza Brinell (HB) con variación del material de aporte empleados tanto para la soldadura a tope como a bisel con respecto a nuestro material base AISI 304 sin material de aporte, obteniendo de esta manera lo siguiente:

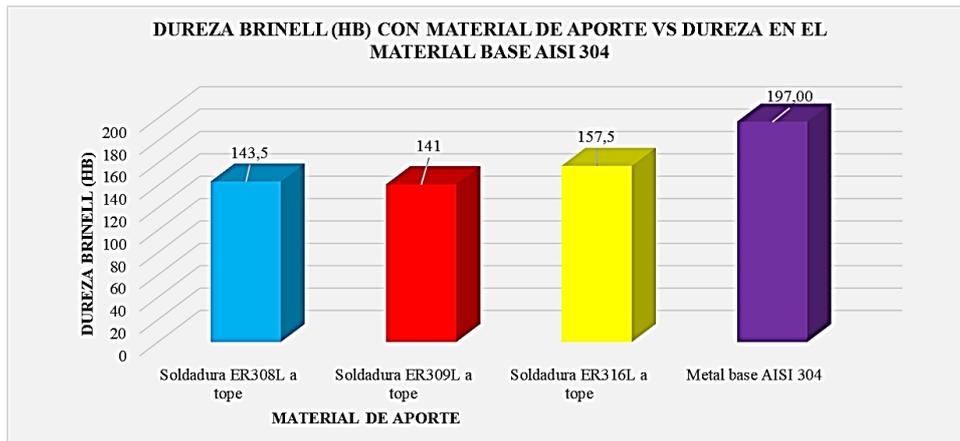


Figura 47: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte soldadura a tope vs Dureza en el material base AISI 304.

De los ensayos de dureza llevados a cabo podemos interpretar de la figura 47 que la dureza Brinell (HB) en nuestro material base AISI 304 se encuentra en el rango establecido por la norma ASTM A240, además podemos interpretar que la dureza será menor donde se forme el cordón es decir la dureza Brinell (HB) va a aumentar conforme se mida desde el centro del cordón de soldadura hacia afuera de este. De tal forma en nuestro material base AISI 304 tenemos una dureza Brinell de 197 HB, seguidamente de una dureza Brinell con material de aporte ER316L con un valor de 157.5 HB siendo este el valor más alto a comparación del material de aporte empleados en este proceso de soldadura GATW, seguidamente tenemos una dureza de 143,5 (HB) perteneciente al material de aporte ER308L y como último se tiene al material de aporte ER309L con un valor de dureza Brinell (HB) de 141 HB.

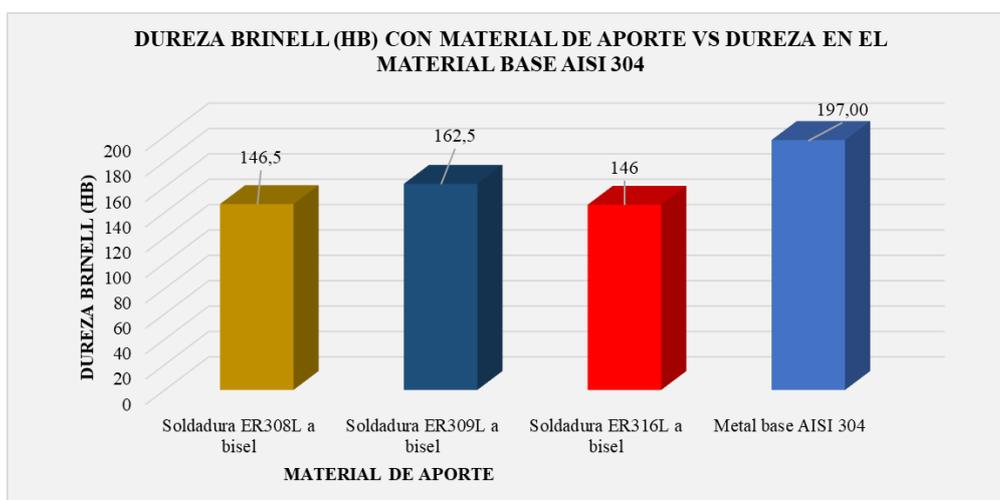


Figura 48: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte soldadura a bisel vs Dureza en el material base AISI 304.

De la figura 48 se observa que la dureza Brinell (HB) en el material base AISI 304 es de 197 HB, seguidamente con el material de aporte ER309L con una dureza Brinell (HB) 162.5 HB siendo este el valor más alto a comparación del material de aporte empleados en este proceso de soldadura GATW, seguidamente tenemos una dureza de 146,5 (HB) perteneciente al material de aporte ER308L y como ultimo valor de dureza Brinell pertenece al material de aporte ER316L (HB) con una cantidad de 146 HB.

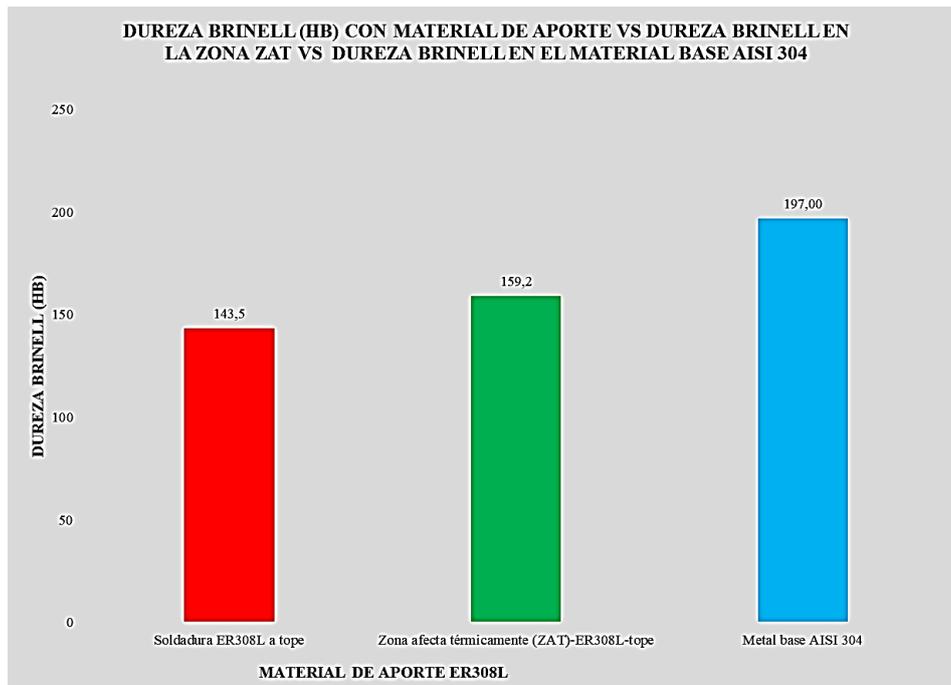


Figura 49: Comparación de los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Brinell (HB) con material de aporte ER308L soldadura a tope vs Dureza Brinell en la zona afectada térmicamente con material de aporte ER308L vs Dureza Brinell en el material base AISI 304.

En la figura 49 podemos observar que la dureza Brinell (HB) va a aumentando desde el centro del cordón de soldadura, es decir con el material de aporte ER308L en el centro de la soldadura a tope se obtuvo una dureza Brinell de 143,5 (HB), seguidamente de la dureza Brinell en la zona afectada térmicamente (ZAT) con un valor de 159,2 (HB) y como el valor más alto tenemos en el material base con un valor de dureza Brinell de 197 (HB). Esto se debe a que la generación de calor en un proceso de soldadura influye directamente en las propiedades mecánicas del material base.

4.3.3. Interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de Impacto

Para los ensayos de impacto en la soldadura a tope y bisel, realizamos las medidas correspondientes con el fin de poner interpretar los resultados obtenidos como es la

energía absorbida (J) y la resistencia al impacto (J/cm²), para así poder analizar y observar que material de aporte tiene un mejor comportamiento teniendo de esta manera lo siguiente:

Tabla 67:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER308L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 01-1	43,55	158,92
EIM 01-2	86,56	170,59
Promedio	65,055	164,75

Tabla 68:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER309L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 02-1	43,40	141,41
EIM 02-2	84,86	185,59
Promedio	64,130	163,50

Tabla 69:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a tope del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a tope con material de aporte ER316L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 03-1	41,24	139,94
EIM 03-2	88,49	189,49
Promedio	64,865	164,71

Tabla 70:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 308L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER308L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 04-1	32,87	128,82
EIM 04-2	70,28	150,11
Promedio	51,575	139,46

Tabla 71:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 309L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER309L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 05-1	48,69	162,16
EIM 05-2	95,84	190,07
Promedio	72,265	176,11

Tabla 72:Datos obtenidos del ensayo de impacto (CHARPY) en proceso de soldadura a bisel del Acero AISI 304 con material de aporte ER 316L proceso GTAW

Soldadura a bisel con material de aporte ER316L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 06-1	47,35	171,95
EIM 06-2	81,79	176,33
Promedio	64,570	174,14

De la misma forma se procede a realizar una comparación de los resultados promedios obtenidos en los ensayos de impacto con la variación de material de aporte, con el fin de conocer cual tiene un mejor comportamiento a la resistencia de impacto (J/cm²), teniendo de esta manera lo siguiente:

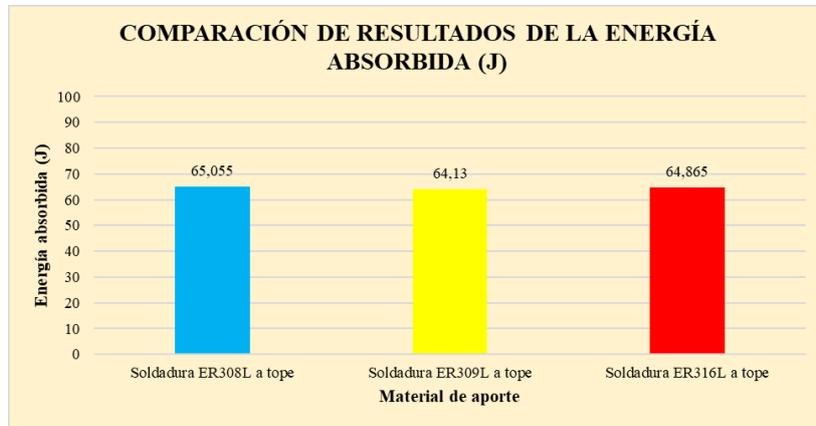


Figura 50: Comparación de los resultados de la energía absorbida (J) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a tope y proceso GTAW con variación del material de aporte.

De la figura 50 se puede observar que la energía absorbida en el material de aporte ER308L es el valor más alto con 65.055 (J) a comparación de los demás, vale recalcar que la energía absorbida influye directamente en la tenacidad de un material, en este caso este material de aporte nos brinda mayor tenacidad al ejecutar un proceso de soldadura GTAW a tope. Por otro lado, tenemos al valor intermedio de la energía absorbida (J), el cual corresponde al material de aporte ER316L con un valor de 64.865 (J) y finalmente tenemos al material de aporte ER309L siendo este el valor más bajo brindando una capacidad de energía absorbida de 64.13(J).

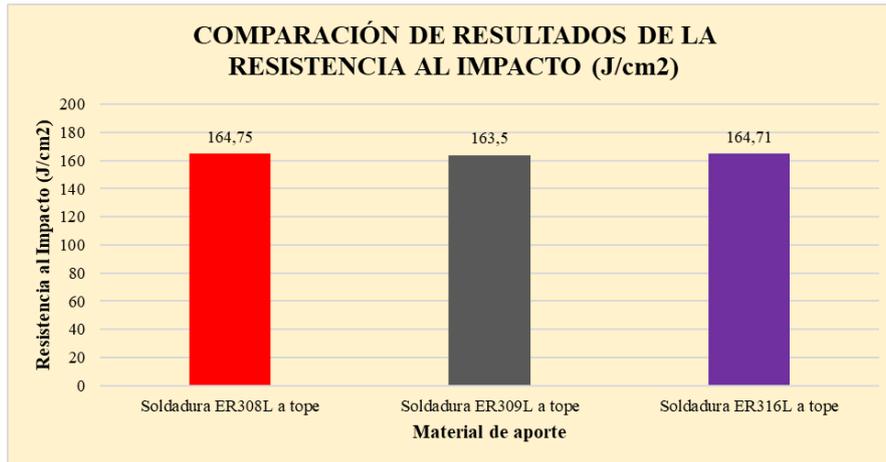


Figura 51: Comparación de los resultados de la resistencia al impacto (J/cm²) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a tope y proceso GTAW con variación del material de aporte.

En la figura 51 se aprecia una variación de valores de la resistencia al impacto (J/cm²) entre los materiales de aporte empleados en el proceso de soldadura GTAW a tope, pero específicamente en el material de aporte ER308L obtuvimos una mayor resistencia al impacto con un valor de 164.75 (J/cm²) es decir con este material de aporte vamos a tener una mayor capacidad de absorber una determinada tensión antes de romperse y no por mucha diferencia tenemos al siguiente material de aporte ER316L con un valor de 164,71 (J/cm²) y como ultimo valor de resistencia al impacto tenemos al ER309L el cual es de 163.5 (J/cm²) y de la misma manera la resistencia al impacto influye directamente en la tenacidad del material.

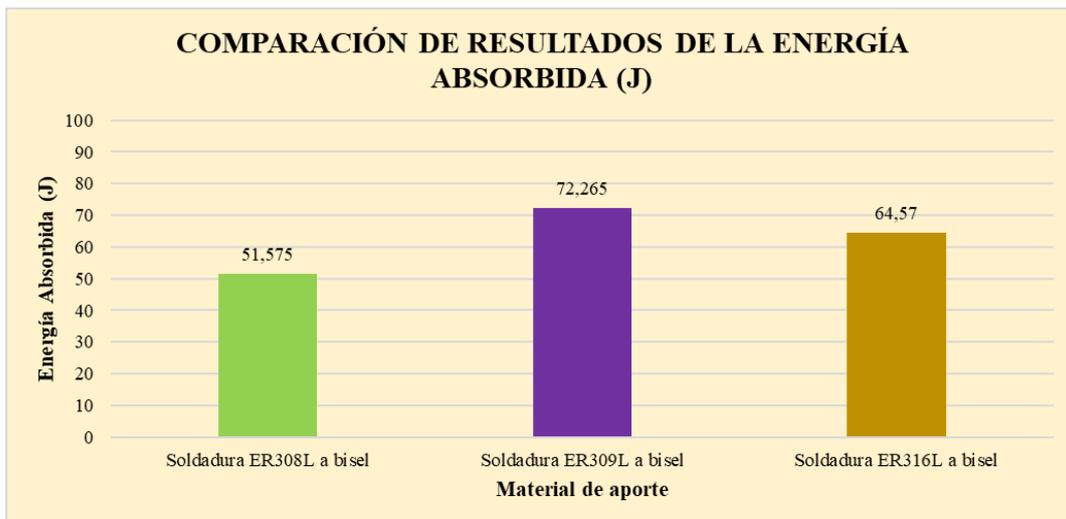


Figura 52: Comparación de los resultados de la energía absorbida (J) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a bisel y proceso GTAW con variación del material de aporte.

De la figura 52 la energía absorbida en el material de aporte ER309L es el valor más alto con 72.265 (J) a comparación de los demás, vale recalcar que la energía absorbida influye directamente en la tenacidad de un material, en este caso este material de aporte nos brinda mayor tenacidad al ejecutar un proceso de soldadura GTAW a bisel. Por otro lado, tenemos al valor intermedio de la energía absorbida (J), el cual corresponde al material de aporte ER316L con un valor de 64.57 (J) y finalmente tenemos al material de aporte ER308L siendo este el valor más bajo brindando una capacidad de energía absorbida de 51.575 (J).

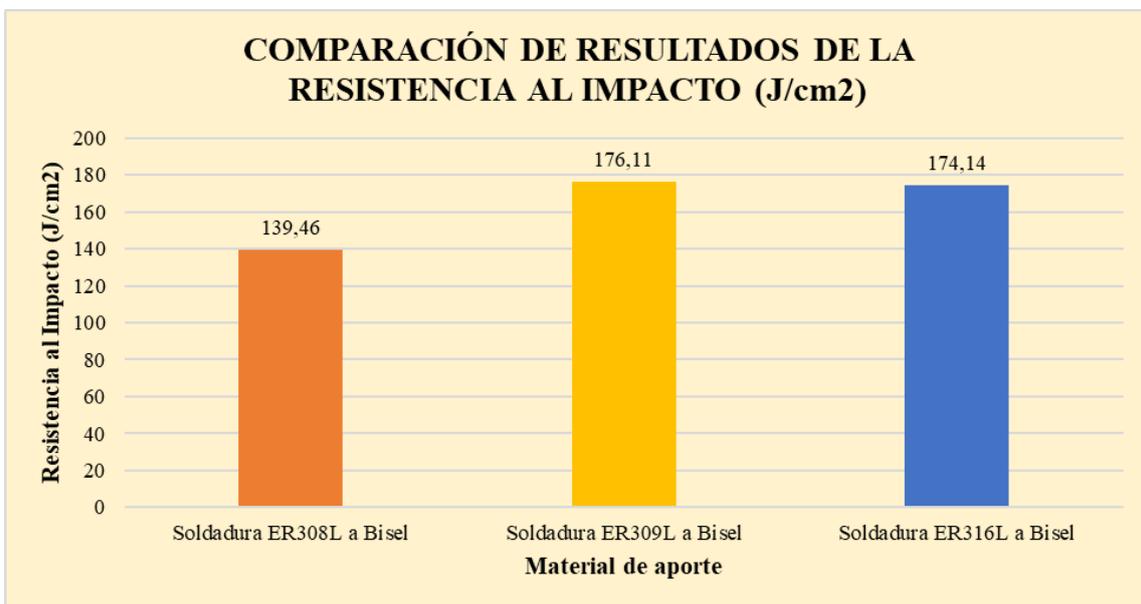


Figura 53: Comparación de los resultados de la resistencia al impacto (J/cm²) obtenidos en los ensayos de impacto (CHARPY) con soldadura a bisel y proceso GTAW con variación del material de aporte.

En la figura 53 existe una variación en los valores de la resistencia al impacto (J/cm²) entre los materiales de aporte empleados en el proceso de soldadura GTAW a bisel, pero específicamente en el material de aporte ER309L obtuvimos una mayor resistencia al impacto con un valor de 176,11 (J/cm²) es decir con este material de aporte vamos a tener una mayor capacidad de absorber una determinada tensión antes de romperse y seguidamente tenemos al siguiente material de aporte ER316L con un valor de 174.14 (J/cm²) y como ultimo valor de resistencia al impacto está el ER308L el cual es de 139.46 (J/cm²) y de la misma manera la resistencia al impacto influye directamente en la tenacidad del material.

4.4. Verificación de la hipótesis

Una vez finalizado con los ensayos mecánicos (Tracción, Impacto y Dureza Brinell) con variación del material de aporte para el acero AISI 304 con proceso de soldadura GTAW, cuyas probetas obtenidas de este material fueron ensayadas tanto con material de aporte y sin material de aporte basados en normas, catálogos, artículos, informes y entre otras por destacar, se procederá a realizar la verificación de la hipótesis estadísticamente mediante la tabla de los datos obtenidos en los ensayos mecánicos, como se observa a continuación:

Tabla 73: Datos observados en los ensayos a tracción del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte.

Soldadura a tope con material de aporte ER308L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 01-01	579,65	809,33	42,8 %
ETM 01-02	479,57	739,90	46,2 %
ETM 01-03	194,15	598,30	64,9 %
ETM 01-04	376,29	683,31	34,8 %
Soldadura a tope con material de aporte ER309L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 02-01	553,46	754,47	47,6 %
ETM 02-02	452,01	834,67	38,1 %
ETM 02-03	406,01	795,76	50,1 %
ETM 02-04	400,57	791,16	58 %

Soldadura a tope con material de aporte ER316L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 03-01	622,11	842,77	54,1 %
ETM 03-02	488,12	733,49	60,8 %
ETM 03-03	399,18	764,62	53,2 %
ETM 03-04	412,84	795,88	57,2 %
Soldadura a bisel con material de aporte ER308L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 04-01	467,05	681,78	44 %
ETM 04-02	543,24	766,45	45,2 %
ETM 04-03	361,13	751,69	61 %
ETM 04-04	301,01	680,95	59,3 %
Soldadura a bisel con material de aporte ER309L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 05-01	460,47	732,45	45 %
ETM 05-02	447,31	596,41	43 %
ETM 05-03	283,88	605,70	39,2 %
ETM 05-04	314,05	677,61	47 %

Soldadura a bisel con material de aporte ER316L			
N° de probeta	Sy-Límite de fluencia (MPa)	Sut- Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de Elongación (%)
ETM 06-01	597,7	828,21	40,3 %
ETM 06-02	617,82	828,26	49,4 %
ETM 06-03	397,38	777,86	58,5 %
ETM 06-04	287,48	662,77	58,5 %

Tabla 74: Datos observados en los ensayos de dureza Brinell del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte.

Soldadura a tope con material de aporte ER308L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 01-1	139
EDB 01-2	148
Soldadura a tope con material de aporte ER309L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 02-1	133
EDB 02-2	149
Soldadura a tope con material de aporte ER316L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 03-1	160
EDB 03-2	155
Soldadura a bisel con material de aporte ER308L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 04-1	147
EDB 04-2	146

Soldadura a bisel con material de aporte ER309L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 05-1	169
EDB 05-2	156
Soldadura a bisel con material de aporte ER316L	
N° de probeta	Dureza Brinell HB
EDB 06-1	146
EDB 06-2	146

Tabla 75: Datos observados en los ensayos de impacto (CHARPY) del material Base AISI 304 con proceso de soldadura GTAW (tope y bisel) con variación del material de aporte.

Soldadura a tope con material de aporte ER308L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 01-1	43,55	158,92
EIM 01-2	86,56	170,59
Soldadura a tope con material de aporte ER309L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 02-1	43,40	141,41
EIM 02-2	84,86	185,59
Soldadura a tope con material de aporte ER316L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm²)
EIM 03-1	41,24	139,94
EIM 03-2	88,49	189,49

Soldadura a bisel con material de aporte ER308L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm ²)
EIM 04-1	32,87	128,82
EIM 04-2	70,28	150,11
Soldadura a bisel con material de aporte ER309L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm ²)
EIM 05-1	48,69	162,16
EIM 05-2	95,84	190,07
Soldadura a bisel con material de aporte ER316L		
N° de probeta	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (J/ cm ²)
EIM 06-1	47,35	171,95
EIM 06-2	81,79	176,33

4.4.1. Formulación de la Hipótesis:

- Ho (Hipótesis nula): El análisis del proceso de soldadura GTAW en juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia **PERMITIRÁ** mejorar sus propiedades mecánicas.
- H1 (Hipótesis alternativa): El análisis del proceso de soldadura GTAW en juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia **NO PERMITIRÁ** mejorar sus propiedades mecánicas.

4.4.1.1. Cálculo de la frecuencia esperada o teórica:

Tabla 76: Frecuencia Observada datos tomados de los ensayos

MATERIAL DE APORTE				
Probeta	ER 308L (Sut) MPa	ER 309L (Sut) MPa	ER 316L (Sut) MPa	TOTAL
1	809,33	754,47	842,77	2406,57
2	739,90	834,67	733,49	2308,06
3	598,30	795,76	764,62	2158,68
4	683,31	791,16	795,88	2270,35
TOTAL	2830,84	3176,06	3136,76	9143,66

En este caso las unidades de la resistencia a la tracción se pasan de MPa a Kgf/mm^2 con el fin de facilitar el manejo de cantidades grandes y poder determinar de manera más rápida y precisa la frecuencia esperada de la siguiente manera:

MATERIAL DE APORTE				
Probeta	ER 308L (Sut) Kgf/mm^2	ER 309L (Sut) Kgf/mm^2	ER 316L (Sut) Kgf/mm^2	TOTAL
1	82,52	76,93	85,93	245,38
2	75,44	85,11	74,79	235,34
3	61	81,14	77,96	220,1
4	69,67	80,67	81,15	231,49
TOTAL	288,63	323,85	319,83	932,31

Frecuencia esperada o teórica:

Para la determinación de la frecuencia esperada u teórica se multiplica entre el total de la suma de la columna 1 (suma total de la frecuencia esperada del material de aporte ER308L **288,63**) por la suma del total de la fila 1 (suma total de la frecuencia esperada de cada material de aporte **245,38**) y el resultado obtenido se divide por la suma total de la frecuencia observada obtenida entre la suma de filas y columnas de todos los materiales de aporte (**932,31**) como se puede observar a continuación:

$$FE1 = \frac{288,63 * 245,38}{932,31} = 75,97$$

$$FE2 = \frac{288,63 * 235,34}{932,31} = 72,86$$

$$FE3 = \frac{288,63 * 220,1}{932,31} = 68,14$$

$$FE4 = \frac{288,63 * 231,49}{932,31} = 71,67$$

Este mismo procedimiento se lo emplea para determinar por cada fila y columna obteniendo la siguiente tabla de frecuencia esperada:

Tabla 77: Frecuencia Esperada

Frecuencia esperada			
1	75,97	85,24	84,18
2	72,86	81,75	80,73
3	68,14	76,45	75,51
4	71,67	80,41	79,41

$$X^2 = \frac{(82,52 - 75,97)^2}{75,97} + \frac{(75,44 - 72,86)^2}{72,86} + \frac{(61 - 68,14)^2}{68,14} + \frac{(69,67 - 71,67)^2}{71,67}$$

$$+ \frac{(76,93 - 85,24)^2}{85,24} + \frac{(85,11 - 81,75)^2}{81,75} + \frac{(81,14 - 76,45)^2}{76,45} + \frac{(80,67 - 80,42)^2}{80,41}$$

$$+ \frac{(85,93 - 84,18)^2}{84,18} + \frac{(74,79 - 80,73)^2}{80,73} + \frac{(77,96 - 75,51)^2}{75,51} + \frac{(81,15 - 79,41)^2}{79,41}$$

$$X^2 = 3,29$$

Cálculo del grado de libertad GDL:

Para determinar el grado de libertad se resta el número de fila menos 1 y el resultado de esta operación se multiplica por el resultado obtenido del número de columnas restado menos 1 como se lo realizara a continuación:

$$GDL = (\# \text{ de filas} - 1) * (\# \text{ de columnas} - 1)$$

$$GDL = (4 - 1) * (3 - 1)$$

$$GDL = 6$$

Cálculo de Chi cuadrado:

Para el cálculo de la Chi cuadrada empleamos la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_E)^2}{f_E}$$

Una vez calculado chi cuadrada procedemos a compararla con la tabla de distribución χ^2 de Pearson, utilizando un valor de significancia de $p=0,05$, esto quiere decir que vamos a tener una probabilidad del 95% con un margen de error del 5% y con un grado de libertad $GDL=6$. De esta manera vamos a tener lo siguiente:

Tabla 78: Tabla de Distribución X^2 Pearson [46].

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9190	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403

Para los valores mencionados anteriormente obtuvimos en nuestro caso un chi cuadrado

$$X^2 = 12,5916$$

Si x^2 calculada (3,29) es $>$ que el x^2 de la tabla (12,5916) se rechaza la Hipotesis nula H_0

Si x^2 calculada (3,29) es \leq que el x^2 de la tabla (12,5916) no se rechaza la Hipotesis nula H_0

En nuestro caso podemos observar que nuestro chi cuadrado calculada X^2 es igual 3,29 siendo menor que el de la tabla de distribución X^2 de Pearson el cual es igual a 12,5916, de esta manera **NO RECHAZAMOS LA HIPÓTESIS NULA** comprobando de tal forma que la hipótesis planteada es la correcta.

Por otro lado, esto afirma que: “El análisis del proceso de soldadura GTAW en juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia mejorara sus propiedades mecánicas.”

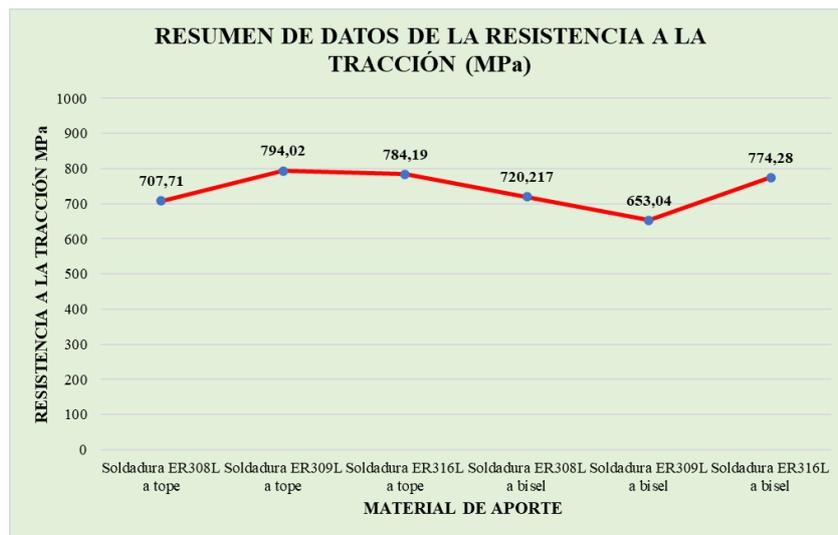


Figura 54: Relación de los datos obtenidos en resistencia a la tracción (MPa)

La resistencia a la tracción es una de las propiedades mecánicas más importantes en el diseño de máquinas, estructuras y en aquellos elementos mecánicos, ya que en aquellas juntas soldadas este deberá tener un excelente comportamiento mecánico de resistencia a la tracción debido a que están expuestas a soportar grandes cargas. En este caso el análisis de la junta soldada a tope con material de aporte ER309L y ER316L es el que presenta un mejor comportamiento mecánico de manera general a comparación de los demás, esto se debe a que el material de aporte ER309L y ER316L es diseñado para soldar materiales inoxidables ausenticos tipo 304 por su bajo contenido de carbono (0,07%) ayudando de esta manera a tener una resistencia a la tracción alta. Mientras tanto que para soldar una junta a bisel el material de aporte ER316L es el que nos brinda una mayor resistencia a la tracción.

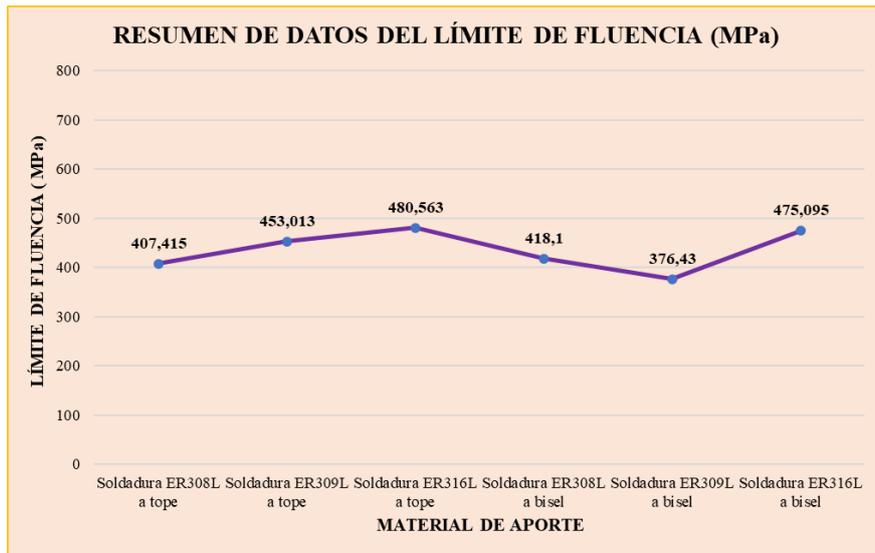


Figura 55:Relación de los datos obtenidos del límite de fluencia (MPa)

El límite de fluencia en el análisis se obtuvo que el material de aporte ER316L en junta a tope es el que sobresale en relación con los demás tipos de soldadura, pudiendo decir que con este material se va a tener un mejor margen de tensión en presencia de esfuerzo de tracción. Por otro lado, solo comparándolo en la categoría de juntas soldadas a bisel el material de aporte ER316L es el que destaca en su tipo.

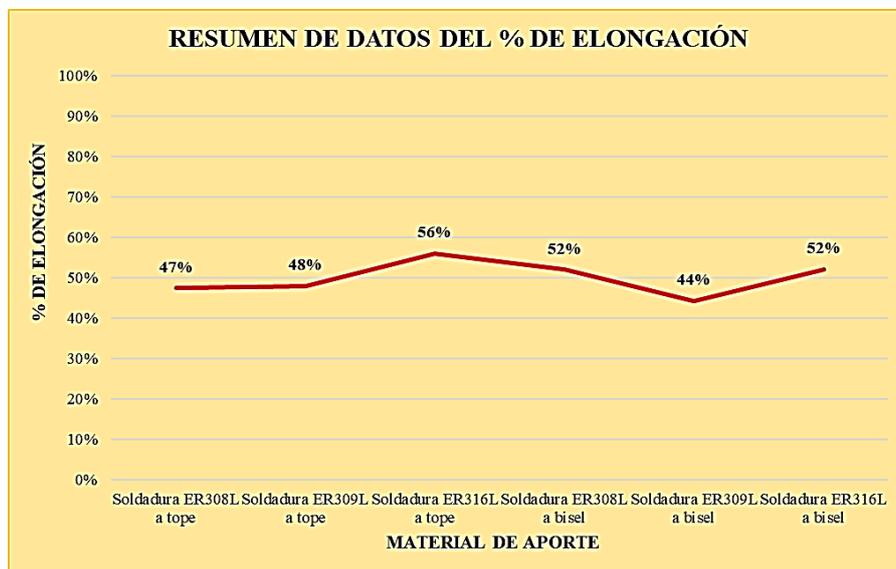


Figura 56:Relación de los datos del porcentaje de elongación (%)

El porcentaje de elongación (%) en este análisis es muy importante ya que es una magnitud y propiedad que nos ayuda a medir la longitud del material cuando este se someta a un esfuerzo de tracción, de manera general la junta soldada a tope con el material de aporte ER316L es el que sobresale por encima de los demás tipos.

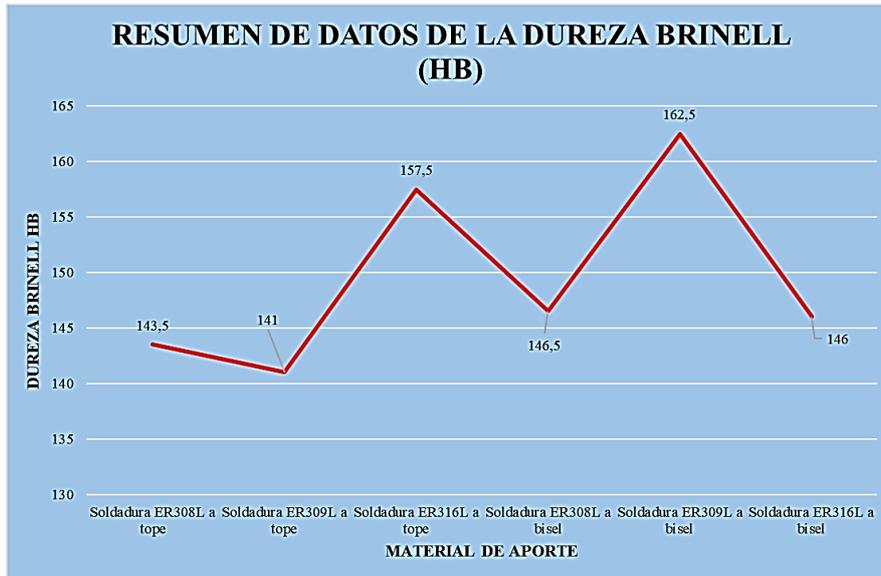


Figura 57:Relación de los datos de la dureza Brinell HB

En el análisis de las propiedades mecánicas con lo que respecta a dureza Brinell (HB) se obtuvo que el material de aporte ER309L en soldadura a bisel es el que sobrásale con respecto a los demás es decir con este material de aporte obtenemos una mayor dureza Brinell (HB).

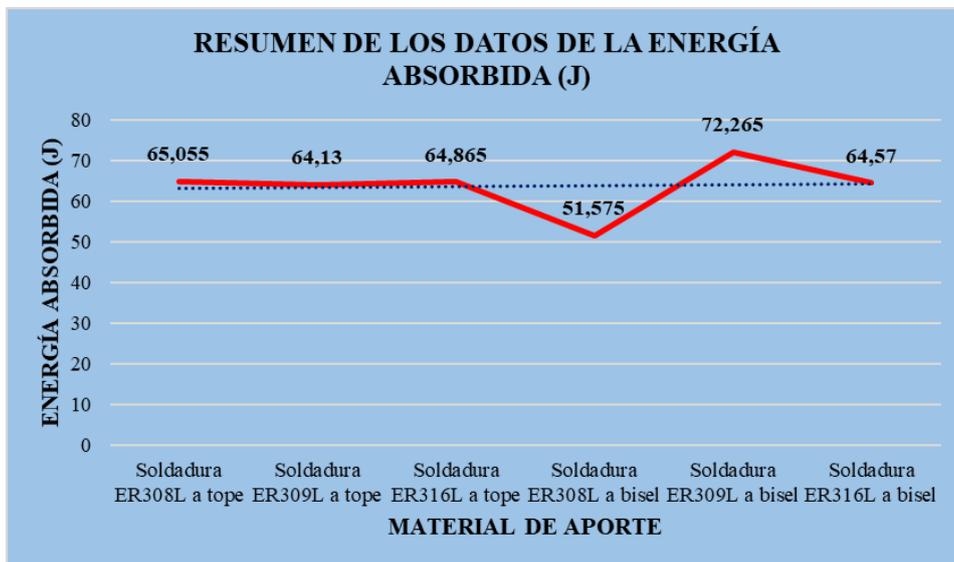


Figura 58:Relación de los datos de la energía absorbida (J)

En la figura 58 se puede apreciar que energía absorbida varía de acuerdo con el material de aporte utilizado, en este caso el mayor valor en una junta a tope pertenece al material de aporte ER308L con un valor de 65,055 (J) y en una junta a bisel se obtuvo al material de aporte ER309L con un valor de 72,265 (J)

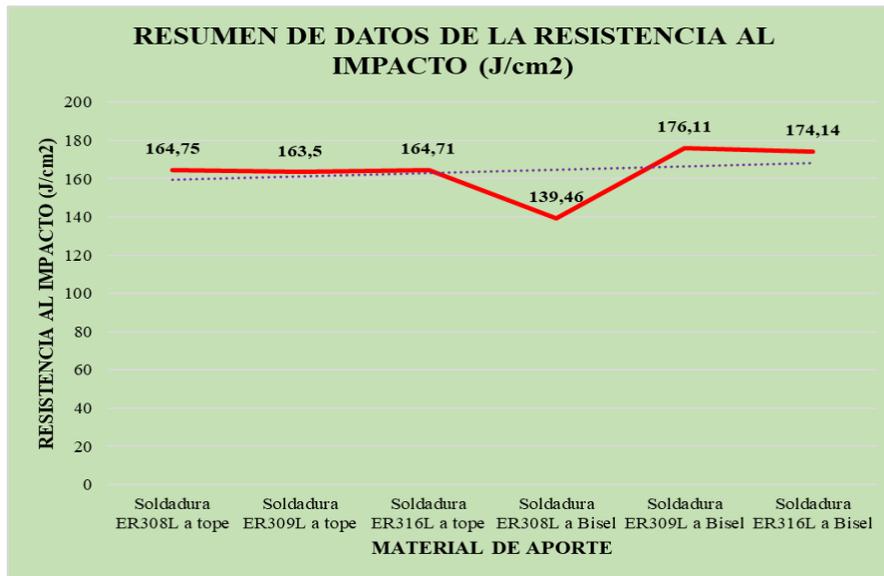


Figura 59:Relación de los datos de la resistencia al impacto (J/cm2)

En el análisis de la resistencia al impacto (J/cm2) como se aprecia en la figura 59 el material de aporte ER308L en junta a tope sobresale con un valor de 164,75 (J/cm2) y en una junta a bisel con material de aporte ER309L es el valor más alto con 176,11 (J/cm2).

4.4.2. Selección del material de aporte mediante el diagrama de Schaeffler con los datos analizados en su composición química del Material base AISI 304:

MB1: 304

- **Datos de su composición química:**

Tabla 79:Composición química del acero inoxidable AISI 304

C	0,07%	Tomado de la norma ASTM A240
Si	0,75%	Tomado del ensayo de espectrometría
S	0,03 %	Tomado de la norma ASTM A240
Ni	8,64 %	Tomado del ensayo de espectrometría
Mn	1,66 %	Tomado del ensayo de espectrometría
P	0,045%	Tomado de la norma ASTM A240
Cr	17,5 %	Tomado de la norma ASTM A240

Mo	0,258 %	Tomado del ensayo de espectrometría
----	---------	-------------------------------------

Material de Aporte ER308L

- **Datos de su composición química:**

Tabla 80: Composición química del material de aporte ER308L [32].

C	0,02 %
Si	0,38 %
S	0,01 %
Ni	9,80 %
Mn	1,90 %
P	0,02 %
Cr	19,80 %
Mo	0,19 %

Material de Aporte ER309L

- **Datos de su composición química**

Tabla 81: Composición química del material de aporte ER309L [32].

C	0,01 %
Si	0,42 %
S	0,002 %
Ni	13,7 %
Mn	1,60 %
P	0,021 %
Cr	23 %
Mo	0,05 %

Material de Aporte ER316L

- **Datos de su composición química**

Tabla 82: Composición química del material de aporte ER316L [32].

C	0,02 %
Si	0,38 %
S	0,008 %
Ni	11,1 %
Mn	1,69 %
P	0,030 %
Cr	18,1 %
Mo	2,1 %

CÁLCULOS DEL CROMO Y NÍQUEL EQUIVALENTE:

MB1: 304

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1.5 * \% \text{Si} + 0.5 * \% \text{Nb}$$

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = 17,5\% + 0,258 + 1,5(0,75) + 0$$

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = 18,88\%$$

$$\% \text{ Niquel }_{\text{equivalente}} = \% \text{Ni} + 30 * \% \text{C} + 0.5 * \% \text{Mn}$$

$$\% \text{ Niquel }_{\text{equivalente}} = 8,64\% + 30(0,07\%) + 0,5(1,66) \%$$

$$\% \text{ Niquel }_{\text{equivalente}} = 11,57\%$$

Material de Aporte ER308L

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1.5 * \% \text{Si} + 0.5 * \% \text{Nb}$$

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = 19,80 \% + 0,19\% + 1,5(0,38) + 0$$

$$\% \text{ Cromo }_{\text{equivalente}} = 20,56 \%$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = \%Ni + 30 * \%C + 0.5 * \%Mn$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 9,80\% + 30(0,02) + 0,5(1,90)$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 11,35\%$$

Material de Aporte ER309L

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = \%Cr + \%Mo + 1.5 * \%Si + 0.5 * \%Nb$$

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = 23 \% + 0,05\% + 1,5(0,42) + 0$$

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = 23,68 \%$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = \%Ni + 30 * \%C + 0.5 * \%Mn$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 13,7 \% + 30(0,01) + 0,5(1,60)$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 14,8\%$$

Material de Aporte ER316L

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = \%Cr + \%Mo + 1.5 * \%Si + 0.5 * \%Nb$$

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = 18,1 \% + 2,1\% + 1,5(0,38) + 0$$

$$\% \text{Cromo}_{\text{equivalente}} = 20,77 \%$$

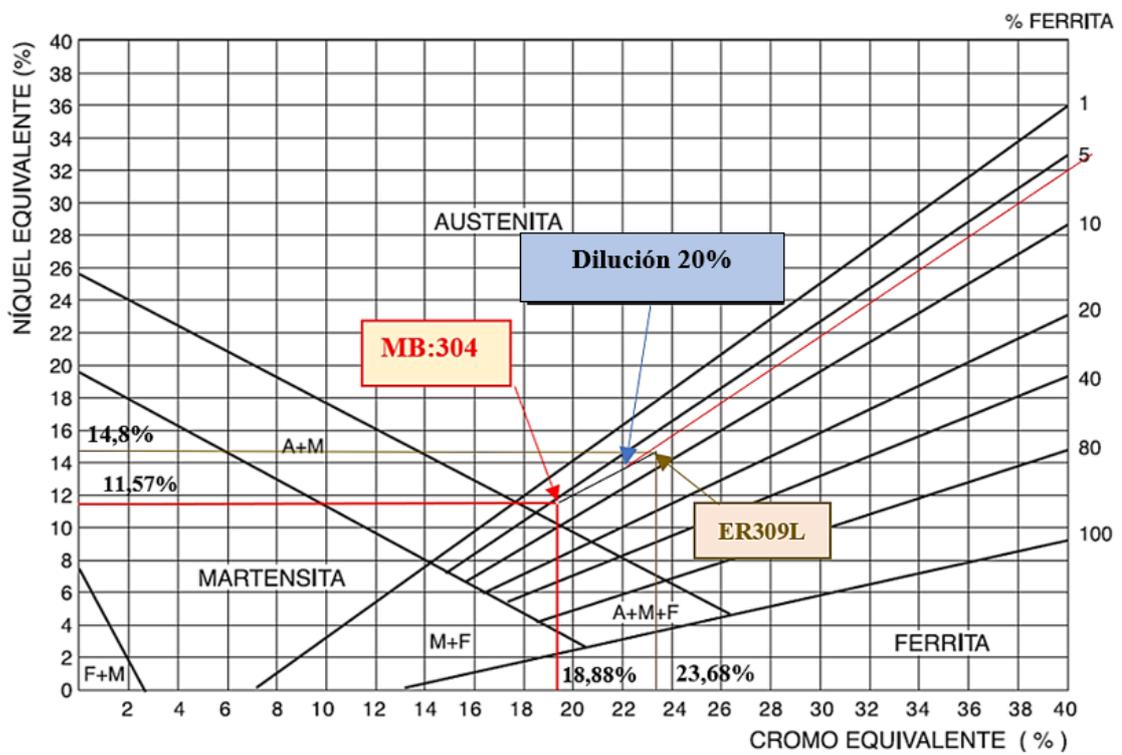
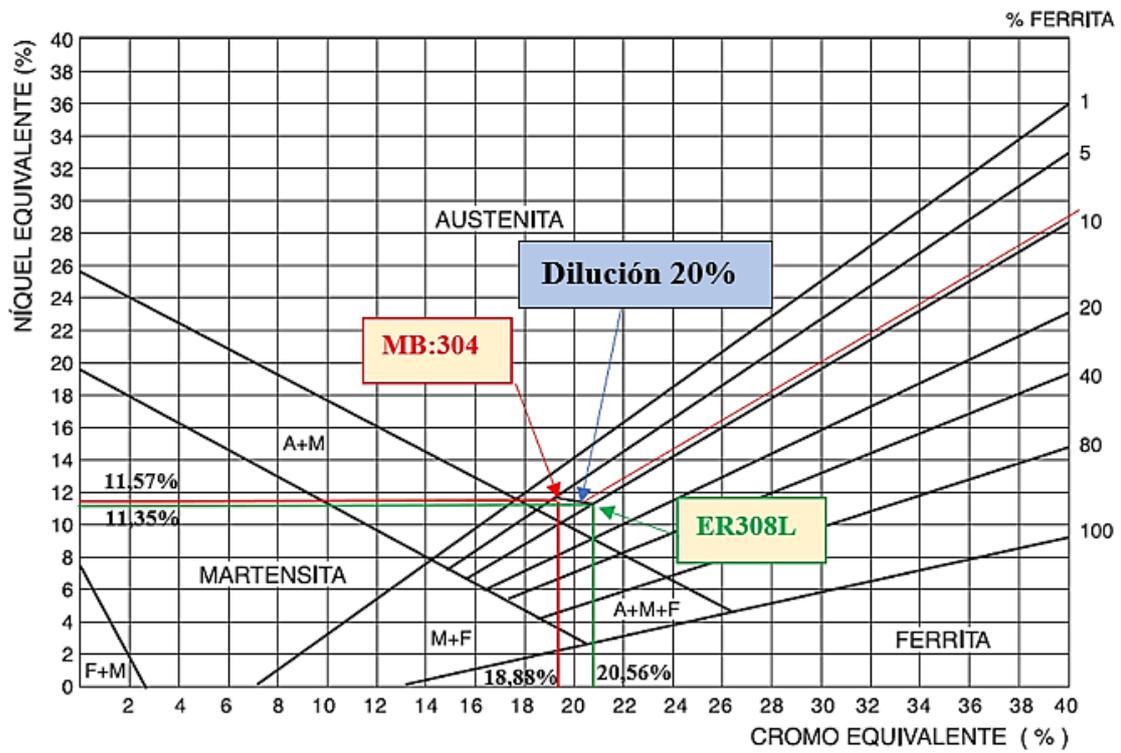
$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = \%Ni + 30 * \%C + 0.5 * \%Mn$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 11,1 \% + 30(0,02) + 0,5(1,69)$$

$$\% \text{Niquel}_{\text{equivalente}} = 12,55\%$$

En el proceso de soldadura GTAW el Metal de soldadura puede tener una dilución de 10 al 20% para tener una soldadura completamente correcta [47].

En este caso se utilizó una dilución del 20%



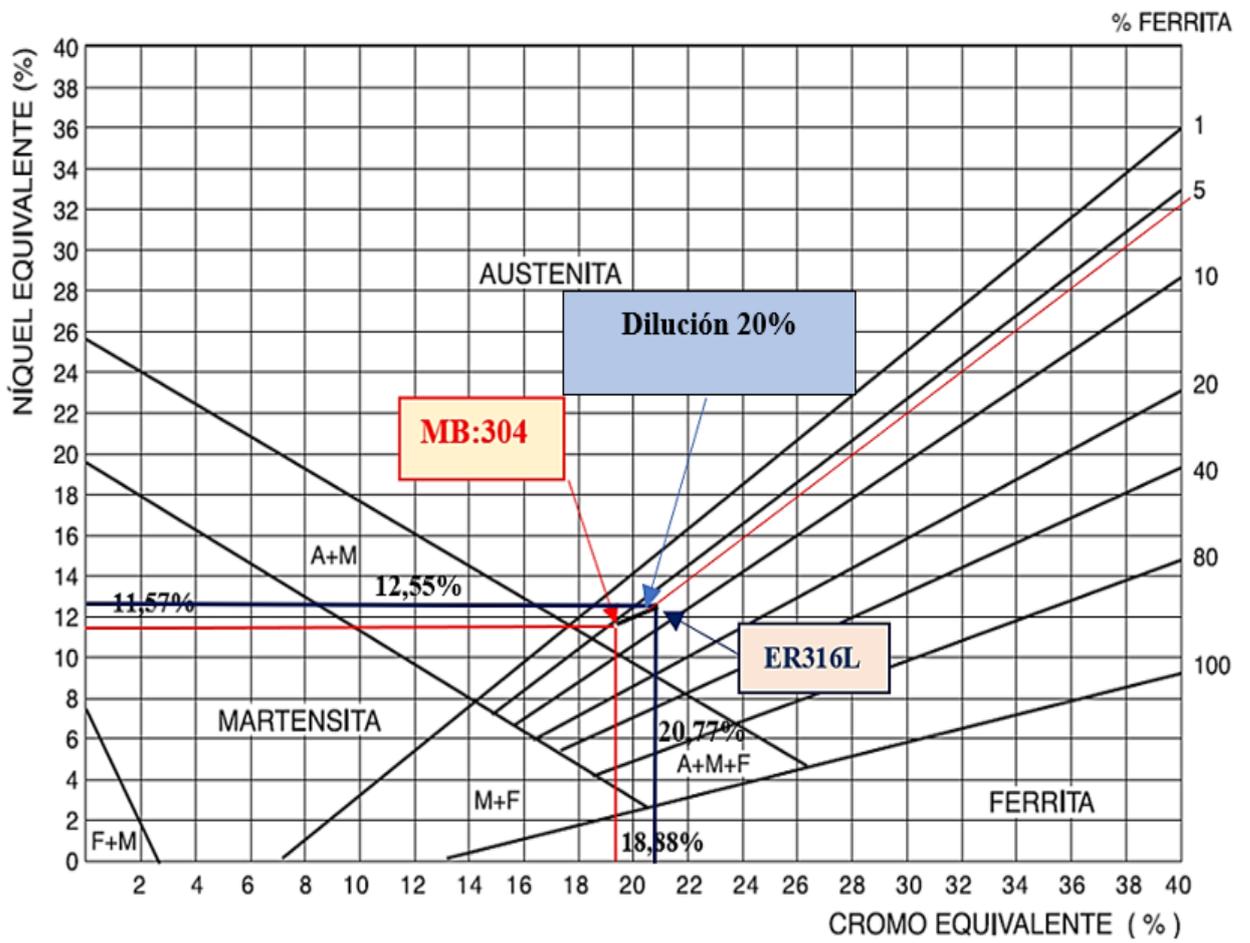


Figura 60: Diagrama de Schaeffler [19].

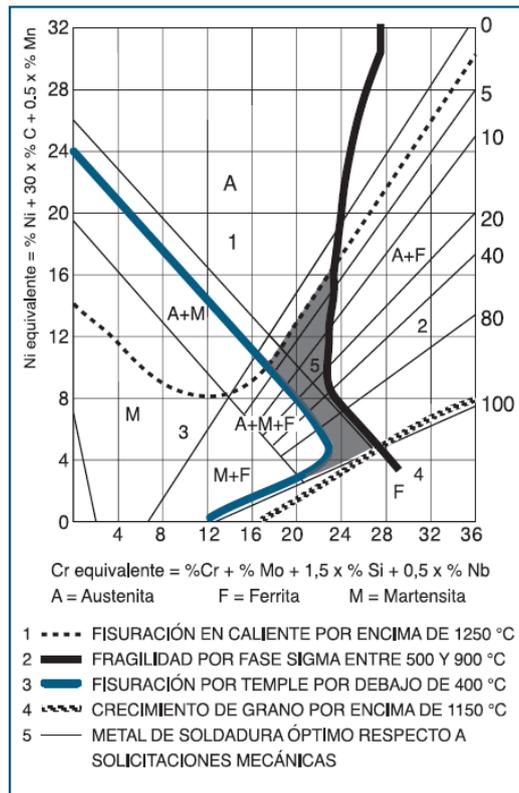


Figura 61: Zonas críticas diagrama de Schaeffler [19].

De la figura 61 se puede apreciar la zona 5 que se encuentra sombreada y de esta destaca la zona Austenítica que se encuentra en el rango de 5 % a 10% de Ferrita. De aquí nace la necesidad de seleccionar adecuadamente el material de aporte para ejecutar un proceso de soldadura para aceros Austeníticos respetando el rango de ferrita mencionado anteriormente [19]. Por otro lado, en este análisis para la selección adecuada del material de aporte para la ejecución de la soldadura mediante proceso GTAW en acero AISI 304 con la ayuda del diagrama de Schaeffler figura 61, se pudo apreciar que los materiales de aporte ER308L, ER309L y ER316L se encuentran en los rangos correcto de ferrita es decir de 5 % a 10 % llegando de esta manera decir que estos materiales de aporte se los puede emplear para soldar un acero AISI 304 mediante proceso GTAW.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

5.1. Conclusiones:

- Las variables fundamentales para el análisis de las propiedades mecánicas empleado proceso de soldadura GTAW es el tipo de junta, espesor del material y los materiales de aporte empleados en el proceso de soldadura.
- En el análisis de resultados para un proceso de soldadura GTAW empleando 100% argón el material de aporte ER316L proporciona un mejor comportamiento de las propiedades mecánicas del acero AISI 304 en juntas tope como es resistencia a la tracción, límite de fluencia, deformación unitaria, dureza Brinell y entre otras propiedades por destacar, esto se debe a que el material de aporte ER316L contiene un bajo porcentaje de carbono diseñado para cumplir con los requisitos necesarios de los aceros inoxidable AISI. Por otro lado, en las juntas con bisel a 60° obtuvimos que los materiales de aporte ER316L y ER309L son los que nos brinda un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas al emplear soldadura GTAW en acero AISI 304.
- El tipo de junta más los materiales de aporte en los ensayos a tracción en una junta a tope se obtuvo una variación en la resistencia a la tracción por ejemplo con un material de aporte ER309L sobresale con un valor de 794,02 MPa, mientras tanto que en una junta tipo bisel a 60° con el mismo material de aporte ER309L es el valor más bajo el cual es de 653,04 MPa y dentro del mismo factor junta a tope más material de aporte tenemos como segundo lugar al ER316 con un valor de 784,19 MPa y en una junta tipo bisel a 60° más material de aporte es el valor más alto con una resistencia a la tracción de 774,28 MPa.
- Dentro del proceso de soldadura GTAW empleando material de aporte ER316L en junta a tope se obtuvo el mejor comportamiento del porcentaje de elongación con un valor del 56 % cuando este es sometido a un esfuerzo a tracción, dando como resultado que el proceso de soldadura GTAW con este material de aporte tenga un límite elástico mucho mayor con respecto al material de aporte ER309L 48% y ER308L 47 % De esta manera podemos decir que con el material de aporte ER316L vamos a obtener una junta más dúctil por tener un porcentaje de elongación alto con respecto a los demás materiales de aporte. Por otro lado, en las juntas de bisel a 60° se obtuvo que el mejor comportamiento del porcentaje de

elongación pertenece a los materiales de aporte ER308L y ER316L con un valor de 52 %, seguidamente del material de aporte ER309L 44%.

- Los ensayos de dureza Brinell en el campo industrial es uno de los más utilizados debido a la necesidad de conocer la resistencia que presenta un material ante la penetración producida por otros cuerpos, en nuestro análisis los mayores valores de dureza Brinell en junta a tope lo obtuvimos con el material de aporte ER316L con un valor 157,5 HB y en una junta tipo bisel de 60° la mayor dureza Brinell esta presenta en el material de aporte ER309L con valor de 162,5 HB.
- Se pudo determinar que en las probetas soldadas con los materiales de aporte las propiedades de la dureza Brinell son menores con respecto al material base AISI 304 sin material de aporte es decir en el ensayo de dureza Brinell en el material base la dureza es mucho mayor con respecto al material de aporte, esto se debe a que el calor generado en el proceso de soldadura GTAW llega a influir directamente en las propiedades mecánicas como es en el caso de la dureza Brinell. Por ejemplo, en el análisis con el material de aporte ER308L junta a tope obtuvimos un valor de 143,5 HB seguido de la dureza Brinell en la zona afectada térmicamente (ZAT) con material de aporte ER308L con un valor de 159,2 HB y finalmente el valor más alto obtenido en el material base AISI 304 con un valor de 197 HB.
- En el análisis de impacto (Charpy) se logró determinar que la energía absorbida (J) en las probetas soldadas influye directamente en la tenacidad del material, en las juntas a tope con material de aporte ER308L se obtuvo el valor más alto de energía absorbida con un valor de 65,05 (J) y en el caso de una junta a tope con bisel de 60° el material de aporte ER309L nos brindó un mejor comportamiento de la energía absorbida con un valor de 72,265 (J).
- De las probetas ensayadas a tracción podemos decir que el material de aporte ER308L en soldadura a tope nos presentó un bajo comportamiento ante la presencia de un esfuerzo axial ya que su resistencia a la tracción es baja con respecto a los demás con un valor de 707,71 MPa.
- Mediante el empleo de la tabla de distribución de Pearson dimos por aceptado la hipótesis nula ya que se determinó en estas tablas el chi cuadrado $X^2 = 12,5916$ con 6 grados de libertad siendo este mayor al chi cuadrado $X^2 = 3,29$ calculada pudiendo decir que “El análisis del proceso de soldadura GTAW en juntas a tope del acero AISI 304 empleadas en la industria alimenticia mejorara sus propiedades mecánicas”.

- Con el diagrama Schaeffler se logró determinar que los materiales de aporte empleados en el proceso de soldadura GTAW en acero AISI 304 son compatibles para este acero, ya que de acuerdo con las normas estos se encuentra en los rangos correctos de cantidad de ferrita es decir entre 5 % y 10%.
- El acero inoxidable AISI 304 pertenece a la familia de los aceros inoxidables serie 300 siendo el AISI 304 el más empleado en la industria por su excelente variedad de propiedades como es la resistencia a la corrosión, soldabilidad y aptos para emplearlos a temperaturas criogénicas.
- El proceso de soldadura GTAW está basado en 4 principios básicos como es la generación del arco eléctrico, el empleo de un material de aporte, el gas de protección y que es una soldadura por fusión, además se pudo constatar que este proceso produce cordones de alta calidad justificando de esta manera el empleo de este proceso en la mayoría de los campos industriales de soldadura.

5.2.Recomendaciones:

- Para realizar un proceso de soldadura GTAW se debe ejecutar un chequeo de todo el equipo como es la revisión de mangueras, reguladores, cables, manijas, tapas y entre otras con el fin evitar cualquier falla durante este proceso de soldadura.
- Se debe mantener el lugar ventilado y a su vez hay que usar los aparatos de seguridad que ayuden a la respiración del soldador evitando de esta forma a la exposición de los gases que pueden llegar a ser muy peligrosos.
- Al cambiar el material de aporte se recomienda apagar el equipo con el fin de evitar las descargas eléctricas durante el proceso de soldadura GTAW.
- Los equipos de protección personal (EPP) se deben tomar muy en cuenta al momento de realizar un proceso de soldadura con el fin de evitar heridas, lesiones, cortes, quemaduras e incluso la muerte.
- Durante el proceso de soldadura se debe controlar el valor de amperaje para tener una buena penetración del cordón, sin que este sea excesivo y pueda causar un cambio en la ZAT de manera que se genere un material frágil y vaya a resultar en fallas por fatigas del material o caso contrario utilizar amperajes bajos que no tengan buena penetración resultando sueldas débiles que en el primer esfuerzo al cual se encuentre sometido el material tiendan a romperse.
- Se deben utilizar los procedimientos de soldadura WPS, así como la calificación del soldador WPQ y el registro de calificación del procedimiento PQR aprobados

de manera que se garantice la eficiencia del cordón de soldadura a todos los esfuerzos al cual va a ser sometido durante su tiempo trabajo.

- Para realizar un proceso de soldadura GTAW en acero inoxidable AISI 304 se debe realizar una limpieza superficial del material base para evitar que las inclusiones queden atrapadas entre nuestro metal depositado y el metal base AISI 304, las cuales influyen directamente en la calidad de los cordones de soldadura.
- Para espesores mayores a los 3 mm durante el proceso de soldadura se debe realizar el primer pase de raíz, seguido del pase en caliente para evitar la formación de fisuras, para homogenizar la superficie del cordón en el pase de raíz y evitar defectos por falta de fusión.
- Para determinar el material de aporte adecuado para soldar acero AISI 304 es necesario emplear el diagrama de Schaeffler con el fin de comprobar que estos se encuentren en el porcentaje de ferrita adecuado el cual es de 5% a 10%.
- Para soldar juntas a tope y bisel en acero inoxidable AISI 304 con proceso GTAW se recomienda de acuerdo con los análisis realizados emplear material de aporte ER316L, ya que este material de aporte proporciona un mejor comportamiento mecánico como es la resistencia a la tracción, al impacto y dureza.
- El uso de gel decapante permite una limpieza completa del cordón de soldadura, recuperando las propiedades del acero inoxidable AISI-304 por su acción ácida, de manera que durante el uso de este mismo se debe tener en consideración las recomendaciones establecidas en los MSDS del fabricante.
- Para la extracción de las placas del acero AISI 304 es recomendable utilizar métodos que no generen altas temperaturas ya que esto pueden influir en las propiedades mecánicas del metal base.
- Se debe llevar a cabo una planificación adecuada de los ensayos mecánicos, con el fin de cumplir con los tiempos establecidos y así evitar la exposición de las probetas a la contaminación por suciedad.
- Para el dimensionamiento de las probetas en acero AISI 304 con material de aporte se debe utilizar normas para el tipo de proceso y material como son la AWS y ASTM.
- En el mecanizado de las probetas hay que tomar muy en cuenta que las temperaturas sean bajas para que no incida en las propiedades mecánicas de las

probetas soldadas o caso contrario nos registrara datos erróneos el momento de realizar los ensayos mecánicos.

- Para realizar los ensayos de tracción, dureza e impacto en las probetas hay que eliminar la sobremonta de la soldadura dejando al nivel del material base tal y como establece la norma AWS D1.6
- Es necesario ejecutar la dureza Brinell en las juntas soldadas y material base con el fin de relacionar los resultados obtenidos y así poder conocer su comportamiento ante las alteraciones físicas que puede sufrir el material como es la penetración y rayado por otros cuerpos.
- Al momento de realizar los ensayos de impacto se deberá fijar de una manera correcta el péndulo mediante el posicionamiento adecuado que permita establecer al péndulo por su propio peso.
- Para frenar las oscilaciones ocasionadas por el péndulo durante el ensayo de impacto se deberá dejar que oscile libremente hasta que se frene por su propio peso evitando de esta manera la descalibración del equipo.
- Durante los ensayos de tracción hay que asegurarse que la probeta quede bien sujeta a las mordazas hidráulicas ya que estas pueden irse aflojando e incluso llegan a soltarse.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] P. García, “Instituto Politecnico Nacional Instituto Politecnico Nacional,” Pp. 1–6, 2008, [Online]. Disponible: <https://Tesis.Ipn.Mx/Bitstream/Handle/123456789/5466/Guiacomparativa.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.
- [2] Codinter, “Reducir Costos En Soldadura: 5 Métodos Efectivos Para Empresas,” 2018. <https://Www.Codinter.Com/Es/Reducir-Costos-En-Soldadura-5-Metodos-Efectivos-Para-Empresas/> (Accedido: 27 de diciembre de 2021).
- [3] Indumetan, “¿Cuales Son Los Tipos De Soldadura?” <http://Www.Indumetan.Com/Cuales-Son-Los-Tipos-De-Soldadura/> (Accedido: 27 de diciembre de 2021).
- [4] L. Industria Mecanica, “Soldadura Fuerte: Brazing,” 2021. <http://Ferrepro.Mx/Brazing-Soldadura-Fuerte/> (Accedido: 01 julio de 2022).
- [5] Exel Air, “La Importancia De La Soldadura En La Industria Metalúrgica,” Exel Air, 2019. <https://Exelair.Com.Mx/Blog/La-Importancia-De-La-Soldadura-En-La-Industria-Metalúrgica> (Accedido: 27 de diciembre de 2021).
- [6] W. F. N. Sangucho, “Análisis De La Variación De Velocidad De Avance En La Soldadura Del Acero Inoxidable Austenitico Aisi 304 Mediante El Proceso Gmaw Y Su Incidencia En La Defectologia,” Universidad Técnica De Ambato, 2014.
- [7] Esab, “Soldadura Tig (Gtaw),” 2022. <https://Www.Esab.Com.Ar/Ar/Sp/Automation/Process-Solutions/Gtaw-Tig.Cfm#:~:Text=La Soldadura Tig Se Utiliza,%2c Química%2c Aeroespacial Y Alimenticia.> (Accedido: 03 de marzo de 2021).
- [8] C. Morales, “Proceso De Soldadura Gmaw Aplicación Industrial:,” 2016. [Online]. Disponible: <https://Es.Scribd.Com/Document/352748472/Investigacion-Soldadura-Mig-Mag-Docx>.
- [9] Daniel, “Espectrometría,” 2020. <https://Espectrometria.Com.Mx/Espectrometria-Mecanismo-Tipos-Y-Usos/> (Accedido: 16 de marzo de 2022).

- [10] Areatecnologia, “Ensayo De Tracción.” <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html> (Accedido: 03 de marzo de 2021).
- [11] J. J. A. Mogrovejo, “Estudio Del Tratamiento Térmico Post Soldadura Del Acero Inoxidable Martensítico Astm A743 Grado Ca6-Nm Y Su Incidencia En Las Propiedades Mecánicas Del Material Aplicado A La Recuperación De Rodetes Hidráulicos,” Universidad Técnica De Ambato, 2011.
- [12] E. Santos, J. Yenque, O. Rojas, And V. Rosales, “Acerca Del Ensayo De Dureza,” *Ind. Data*, Vol. 2, No. 4, Pp. 73–80, 2001, [Online]. Disponible: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bivirtualdata/publicaciones/indata/vol4_2/a13.pdf.
- [13] H. R. Galbarro, “Fundamentos De La Soldadura Fuerte Y Blanda.” <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn49.html> (Accedido: 01 de Julio de 2022).
- [14] Gh Electrotermia, “Soldadura Blanda,” 2011. <https://www.ghinduction.com/process/soldadura-blanda/?lang=es> (Accedido: 01 de Julio de 2022).
- [15] Manuel, “Soldadura Por Presión.” <https://pdfcoffee.com/soldadura-por-presion-3-pdf-free.html#Manuel> (Accedido: 02 de julio de 2022).
- [16] David, “Soldadura Por Resistencia Eléctrica,” 2016. <http://eafedavidperezmerino.blogspot.com/2016/02/soldadura-por-puntos-de-resistencia.html> (Accedido: 02 de julio de 2022).
- [17] Instituto Politécnico Nacional, “Procesos De Soldadura,” In *Procesos Industriales*, México.
- [18] Aws, *Código De Soldadura Estructural - Acero Aws D1.1/D1.1m*. 2015.
- [19] U. Y. J. Rafael, “Análisis De Material De Aporte En El Proceso De Soldadura Gtwa En El Acero Inoxidable Martensítico Aisi 420 Y Su Influencia En Las Propiedades Mecánicas,” Universidad Tecnica De Ambato, 2018.
- [20] Esab, “Manual De Soldadura,” Pp. 17–18.

- [21] O. L. Tena, “Estudio De Los Procesos De Soldadura Gtaw Y Smaw En La Industria Naval: Análisis Casos Prácticos,” Universidad Politécnica De Cataluña, 2019.
- [22] D. A. G. Yepez, “Determinación De Los Parámetros Óptimos De La Soldadura Tig, Para Tuberías De Diámetro Estándar De 1”Y 4”Con Especificación Técnica Astm A270-Tipo 304 Y Evaluación Por Ensayos No Destructivos,” Universidad Politécnica Salesianasede Quito, 2020.
- [23] Centro De Conocimiento Esab, “Guía De Gases De Protección Para Soldadura,” Protección De La Soldadura, 2022. <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/gases-de-proteccion-para-soldadura.cfm#:~:Text=Los Gases De Protección Utilizados,La Calidad De La Soldadura.> (Accedido: 13 de julio de 2022).
- [24] Aga, “Catálogo De Electrodo Comunes, Especiales & Gases Para Corte Y Soldadura,” Vol. 1. Guayaquil, P. 84, 1998.
- [25] Cesvimap, “Soldadura De Plásticos Con Nitrógeno,” Revista Cesvimap, 2016. <https://www.revistacesvimap.com/soldadura-de-plasticos-con-nitrogeno/#:~:Text=Al Ser Más Densos Que,Soldar Piezas De Bajo Espesor.> (Accedido: 19 de julio de 2022).
- [26] A. W. Society, Definiciones Términos Estándar De Las Soldaduras- Aws A3.0. 2010.
- [27] M. M. Cristian Fernando, “Escuela Politécnica Nacional,” P. 165, 2007, [Online]. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1544/1/cd-0991.pdf>.
- [28] J. N. Juan Cadena, “Implementación De Un Manual De Procedimientos Para La Realización De Prácticas En Laboratorio De Soldadura Tipo Tig,” Universidad Internacional Del Ecuador, 2012.
- [29] Mipsa, “Usos Y Aplicaciones De La Soldadura,” 2021. <https://www.mipsa.com.mx/procesos/soldadura/por-arco-de-metal-y-gas-gmaw/#:~:Text=Soldadura Gmaw,-La Soldadura Por&Text=Es Una Técnica Para Unir,Y Sin Aplicación De Presión.> (Accedido:27 de diciembre de 2021).
- [30] Acerind, “Soldadura De Los Aceros Inoxidables,” Pp. 1–30, 2001, [Online]. Disponible: <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>.

- [31] Valbruna, “Aceros Inoxidables De Calidad Mundial.” <Http://Valbruna.Com.Mx/Clasificacion-De-Los-Acero-Inoxidables/Aceros-Inoxidables-Austeniticos/> (Accedido: 16 de diciembre de 2021).
- [32] M. Ibarra, E. Núñez, And J. Huerta, “Manual Aceros Inoxidables,” Indura, Vol. Marzo, Pp. 21–24, 2010, [Online]. Disponible: <Https://Www.Indura.Com.Ec/Web/Ec>.
- [33] Metalium, “Acero Inoxidable,” Acero Inoxidable Aisi 304, 2020. Https://Metalium.Mx/Acero-Inoxidable/Acero-Inoxidable-Aisi-304/Aisi_304 (Accedido: 25 de julio de 2022).
- [34] Sergio Leal, “Caracterización De Aceros Inoxidables Y Estudio De Su Resistencia Mecánica Y Conformabilidad,” Universidad De Autónoma De Nuevo León, 2011.
- [35] J. Rangel, “Diagramas De Los Aceros Inoxidables,” 2018. <Https://Slideplayer.Es/Slide/13917583/> (Accedido: 25 de julio de 2022).
- [36] Gustavomorales, “Estudio De La Soldadura Por Resistencia De Aceros Inoxidables Austeniticos De Hasta 3 Mm De Espesor,” Escuela Politecnica Nacional I, 2009.
- [37] B. D. Benedetto Rodrigo And L. Federico, “Acer-Os Inoxidables,” P. 15, 2008.
- [38] American Society For Testing And Materials, “Astm A240: Standard Specification For Chromium And Chromium-Nickel Stainless Steel Plate , Sheet , And Strip For Pressure Vessels And For General Applications,” Astm Int., Vol. I, P. 15, 2004, Doi: 10.1520/A0240.
- [39] Nks, “Acero Inoxidable 304 Y 304l,” Acero Inox. 304 Y 304l, P. 2, 2018, [Online]. Disponible: <Https://Nks.Com/Es/Acero-Inoxidable-304-Y-304l-Pdf/>.
- [40] F. R. Rosario, “Tratamientos Térmicos De Los Aceros Inoxidables,” Rosario, 2002. Accedido: (27 de Julio de 2022). [Online]. Disponible: Https://Www.Frro.Utn.Edu.Ar/Repositorio/Catedras/Mecanica/5_Anio/Metalografia/16-_Tt_Aceros_Inoxidables_V2.Pdf.
- [41] Bulonería Santa Fe, “Soldadura Tig: Tipos De Electrodo De Tungsteno.” <Https://Www.Buloneriasantafe.Com.Ar/Index.Php/Biblioteca/131-Soldadura-Tig-Tipos-De-Electrodo-De-Tungsteno>.

- [42] Efimy, “Tipos Y Usos De Las Varillas De Aportes,” 2017. [https://Soldadoras.Com.Ar/Insumos-Para-Soldar/Tipos-Usos-Las-Varillas-Aportes/#:~:Text=Varilla De Aporte Para Soldadura,De 900 Milímetros \(Mm\).](https://Soldadoras.Com.Ar/Insumos-Para-Soldar/Tipos-Usos-Las-Varillas-Aportes/#:~:Text=Varilla+De+Aporte+Para+Soldadura,De+900+Milímetros+(Mm).) (Accedido: 27 de Julio de 2022).
- [43] Indura, Catálogo De Procesos Y Productos. .
- [44] B. Standard, “Welding Consumables Ð Wire Electrodes , Wires And Rods For Arc Welding Of Stainless And Heat-Resisting Steels Ð,” Vol. 2017, No. June, 2000.
- [45] O. L. C. Rodríguez, ““Ensayos Destructivos Y No Destructivos Y Su Efecto Sobre La Calidad De Las Tolvas Para Volquetas Producidas Por I.M.Esco,”” Universidad Técnica De Ambato, 2012.
- [46] P. Torres, “Tabala De Distribución Chi Cuadrado,” 2013. <https://www.slideshare.net/Paultorresheras/Tablaschi> (Accessed Sep. 05, 2022).
- [47] D. L. Olson, T. A. Siewert, S. Liu, And G. R. Edwards, Welding, Brazing, And Soldering Volume 6 Of The Asm Handbook., Vol. 74, No. 8. 1993.
- [48] Carbone Stainless Steel, “Ficha Técnica De Los Aceros Inoxidables Aisi 304 Y Aisi 316,” 2016. [Online]. Disponible: <https://www.empresascarbone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>.
- [49] K. M. R. Saluja, “El Énfasis De Las Transformaciones De Fase Y Los Constituyentes De La Aleación En La Susceptibilidad Del Agrietamiento En Caliente De Las Soldaduras De Acero Inoxidable Tipo 304l Y 316l,” 2012. https://idc-online.com/technical_references/pdfs/mechanical_engineering/the_emphasis_of_phase.pdf (Accedido: 09 de septiembre de 2022).

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A1 (Propiedades químicas y mecánicas del Acero AISI 304)

Norma ASTM A240



Designation: A240/A240M - 17

Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications¹

TABLE 1 Chemical Composition Requirements, %^a

UNS Designation ^b	Type ^c	Carbon ^d	Manganese	Phosphorus	Austenitic (Chromium-Nickel) (Chromium-Manganese-Nickel)					Nitrogen	Copper	Other Elements ^{e, f}
					Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum			
N08020	...	0.07	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-21.0	32.0-38.0	2.00-3.00	...	3.00-4.00	Cb 8xC min, 1.00 max
N08067	...	0.030	2.00	0.040	0.030	1.00	20.0-22.0	23.5-25.5	6.0-7.0	0.18-0.25	0.75	Cb 8xC min
N08700	...	0.04	2.00	0.040	0.030	1.00	19.0-23.0	24.0-26.0	4.3-5.0	...	0.50	0.40 max
N08900	B00 ^g	0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	F _{0.1} 39.5 min
N08810	B00H ^g	0.05-0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Al 0.15-0.60
N08811	...	0.05-0.10	1.50	0.040	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	F _{0.1} 39.5 min Ti 0.15-0.60 Al 0.15-0.60 F _{0.1} 39.5 min Ti 0.25-0.60 Al 0.25-0.60
N08904	B04L ^g	0.020	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-23.0	23.0-28.0	4.00-6.00	0.10	1.00-2.00	...
N08925	...	0.020	1.00	0.045	0.030	0.50	19.0-21.0	24.0-26.0	6.00-7.00	0.10-0.20	0.90-1.50	...
N08926	...	0.020	2.00	0.030	0.010	0.50	19.0-21.0	24.0-26.0	6.00-7.00	0.15-0.25	0.50-1.50	...
S20100	...	0.15	5.50-7.50	0.060	0.030	1.00	16.0-18.0	3.5-6.5	...	0.25	...	...
S20103	...	0.03	5.50-7.50	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	3.5-6.5	...	0.25	...	...
S20153	...	0.03	6.40-7.50	0.045	0.015	0.75	16.0-17.5	4.0-6.0	...	0.10-0.25	1.00	...
S20161	...	0.15	4.00-6.00	0.040	0.040	3.00-4.00	15.0-18.0	4.0-6.0	...	0.08-0.20	...	...
S20200	...	0.15	7.50-10.00	0.060	0.030	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	...	0.25	...	...
S20400	...	0.030	7.00-9.00	0.040	0.030	1.00	15.0-17.0	1.90-3.00	...	0.15-0.30	...	...
S20431	...	0.12	5.00-7.00	0.045	0.030	1.00	17.0-18.0	2.0-4.0	...	0.10-0.25	1.50-3.50	...
S20432	...	0.08	3.00-6.00	0.045	0.030	1.00	17.0-18.0	4.0-6.0	...	0.05-0.20	2.00-3.00	...
S20433	...	0.08	5.50-7.50	0.045	0.030	1.00	17.0-18.0	3.5-5.5	...	0.10-0.25	1.50-3.50	...
S20910	XM-19 ^h	0.05	4.00-6.00	0.040	0.030	0.75	20.5-23.5	11.5-13.5	1.50-3.00	0.20-0.40	...	Cb 0.10-0.30 V 0.10-0.30
S21400	XM-31 ⁱ	0.12	14.00-16.00	0.045	0.030	0.30-1.00	17.0-18.5	1.00	...	0.35 min	...	...
S21600	XM-17 ^j	0.08	7.50-9.00	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21603	XM-18 ^j	0.03	7.50-9.00	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21640	...	0.08	3.50-6.50	0.060	0.030	1.00	17.5-19.5	4.0-6.5	0.50-2.00	0.08-0.30	...	...
S21800	...	0.10	7.00-9.00	0.060	0.030	3.5-4.5	16.0-18.0	8.0-9.0	...	0.08-0.18	...	Cb 0.10-1.00
S21904	XM-11 ^k	0.04	8.00-10.00	0.060	0.030	0.75	19.0-21.5	5.5-7.5	...	0.15-0.40	...	...
S24000	XM-29 ^l	0.08	11.50-14.50	0.060	0.030	0.75	17.0-19.0	2.3-3.7	...	0.20-0.40	...	...
S30100	301	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.10	...	...
S30103	301L ^m	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.20	...	...
S30153	301LN ⁿ	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.07-0.20	...	...
S30200	302	0.15	2.00	0.045	0.030	0.75	17.0-19.0	8.0-10.0	...	0.10	...	...
S30400	304	0.07	2.00	0.045	0.030	0.75	17.5-19.5	8.0-10.5	...	0.10	...	...
S30403	304L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	17.5-19.5	8.0-12.0	...	0.10	...	...
S30409	304H	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	...	...	...	...
S30415	...	0.04-0.06	0.80	0.045	0.030	1.00-2.00	18.0-19.0	8.0-10.0	...	0.12-0.18	...	Ce 0.03-0.06
S30435	...	0.06	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	7.0-9.0	...	...	1.50-3.00	...

TABLE 2 Mechanical Test Requirements

UNS Designation	Type ^a	Tensile Strength, min		Yield Strength, ^b min		Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	Hardness, max ^c		Co H Band ^d
		ksi	MPa	ksi	MPa		Brinell, HBW	Rockwell	
N06020	...	80	550	35	240	30 ^f	217	95 HRC	not required
N06357	...	100	690	45	310	30	...	100 HRC	not required
Sheet and Strip		95	655	45	310	30	241	...	not required
Plate		80	550	35	240	30	192	90 HRC	not required
N08700	...	75	520	20 ^g	205 ^g	30 ^h	...	...	not required
N08900	800F	65	450	25 ^g	170 ^g	30	...	...	not required
N08910	800HF	65	450	25	170	30	...	...	not required
N08811	...	71	490	31	220	35	...	90 HRC	not required
N06904	904LF	87	600	43	295	40	...	...	not required
N06925	...	94	650	43	295	35	...	...	not required
N06926	...	75	515	38	260	40	217	95 HRC	...
S20100	201-1 ⁱ	95	655	45	310	40	241	100 HRC	...
S20100	201-2 ⁱ	95	655	45	310	40	217	95 HRC	not required
S20103	201LF	95	655	38	260	40	241	100 HRC	not required
S20153	201LN ^f	95	655	45	310	45	241	100 HRC	not required
S20161	...	125	850	50	345	40	255	25 HRC	not required
S20200	202	90	620	38	260	40	241	...	...
S20400	...	96	665	48	330	35	241	100 HRC	not required
S20431	...	90	620	45	310	40	241	100 HRC	not required
S20432	...	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S20433	...	80	550	35	240	40	217	95 HRC	not required
S20910	XM-19 ^j	105	725	60	415	30	241	100 HRC	not required
Sheet and Strip		100	690	55	380	35	241	100 HRC	not required
Plate		100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
S21600	XM-17 ^k	100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
Sheet and Strip		90	620	50	345	40	241	100 HRC	not required
Plate		100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
S21603	XM-18 ^l	100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
Sheet and Strip		90	620	50	345	40	241	100 HRC	not required
Plate		95	650	45	310	40	...	...	not required
S21800	...	95	655	50	345	35	241	100 HRC	not required
S21904	XM-11 ^m	100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
Sheet and Strip		90	620	50	345	45	241	100 HRC	not required
Plate		100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
S24000	XM-29 ⁿ	100	690	60	415	40	241	100 HRC	not required
Sheet and Strip		75	515	30	205	40	217	95 HRC	not required
Plate		80	550	32	220	45	241	100 HRC	not required
S30100	301	90	590	35	240	45	241	100 HRC	not required
S30103	301LF	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S30153	301LN ^f	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S30200	302	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S30400	304	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S30403	304L	70	485	25	170	40	201	92 HRC	not required
S30409	304H	75	515	30	205	40	201	92 HRC	not required
S30415	...	87	600	42	290	40	217	95 HRC	not required
S30435	...	65	450	23	155	45	187	90 HRC	...

ANEXO A2 (PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICAS DE LOS MATERIALES DE APORTE)

NORMA AWS A5.9

**Table 1
Chemical Composition Requirements**

Traditional AWS A5.9 Alloy Designation ^c	Nominal Composition Designation ^c	Composition, Wt % ^{a,b}										Other Elements	
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu	Element	Amount
209	—	0.05	20.5–24.0	9.5–12.0	1.5–3.0	4.0–7.0	0.90	0.03	0.03	0.10–0.30	0.75	V	0.10–0.30
218	—	0.10	16.0–18.0	8.0–9.0	0.75	7.0–9.0	3.5–4.5	0.03	0.03	0.08–0.18	0.75	—	—
219	—	0.05	19.0–21.5	5.5–7.0	0.75	8.0–10.0	1.00	0.03	0.03	0.10–0.30	0.75	—	—
240	—	0.05	17.0–19.0	4.0–6.0	0.75	10.5–13.5	1.00	0.03	0.03	0.10–0.30	0.75	—	—
307	—	0.04–0.14	19.5–22.0	8.0–10.7	0.5–1.5	3.30–4.75	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	18 8 Mn ⁱ	0.20	17.0–20.0	7.0–10.0	0.5	5.0–8.0	1.2	0.03	0.03	—	0.5	—	—
308	—	0.08	19.5–22.0	9.0–11.0	0.75	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
308Si	—	0.08	19.5–22.0	9.0–11.0	0.75	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
308H	—	0.04–0.08	19.5–22.0	9.0–11.0	0.50	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
308L	—	0.03	19.5–22.0	9.0–11.0	0.75	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	19 9 L ^j	0.03	19.0–21.0	9.0–11.0	0.5	1.0–2.5	0.65	0.03	0.02	—	0.5	—	—
308LSi	—	0.03	19.5–22.0	9.0–11.0	0.75	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	19 9 L Si ^j	0.03	19.0–21.0	9.0–11.0	0.5	1.0–2.5	0.65–1.25	0.03	0.02	—	0.5	—	—
308Mo	—	0.08	18.0–21.0	9.0–12.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	20 10 3 ^j	0.12	18.0–21.0	8.0–12.0	1.5–3.5	1.0–2.5	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
308L.Mo	—	0.04	18.0–21.0	9.0–12.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	21 10 N ^{k,j}	0.06–0.09	20.5–22.5	9.5–11.0	0.5	0.3–1.0	1.0–2.0	0.02	0.01	0.10–0.20	0.5	Ce	0.03–0.08
309	—	0.12	23.0–25.0	12.0–14.0	0.75	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	22 12 H ^j	0.04–0.15	21.0–24.0	11.0–14.0	0.5	1.0–2.5	2.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
309Si	—	0.12	23.0–25.0	12.0–14.0	0.75	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
309L	—	0.03	23.0–25.0	12.0–14.0	0.75	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	23 12 L ^j	0.03	22.0–25.0	11.0–14.0	0.5	1.0–2.5	0.65	0.03	0.02	—	0.5	—	—
309LD ^{k,j}	22 12 L ^{k,j}	0.03	21.0–24.0	10.0–12.0	0.75	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
309LSi	—	0.03	23.0–25.0	12.0–14.0	0.75	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	23 12 L Si ^j	0.03	22.0–25.0	11.0–14.0	0.5	1.0–2.5	0.65–1.25	0.03	0.02	—	0.5	—	—
309Mo	—	0.12	23.0–25.0	12.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
309L.Mo	—	0.03	23.0–25.0	12.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	23 12 2 L ^j	0.03	21.0–25.0	11.0–15.5	2.0–3.5	1.0–2.5	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
309L.MoD ^{k,j}	—	0.03	19.0–22.0	12.0–14.0	2.3–3.3	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	21 13 3 L ^{k,j}	0.03	19.0–22.0	12.0–14.0	2.8–3.3	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
309L.Nb ^l	—	0.03	23.0–25.0	12.0–14.0	0.75	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	0.75	Nb [®]	10×C to 1.0; 0.2 min
—	23 12 Nb ^l	0.08	22.0–25.0	11.0–14.0	0.5	1.0–2.5	1.0	0.03	0.02	—	0.5	Nb [®]	10×C to 1.0
309L.NbD ^{k,j}	22 12 L.Nb ^{k,j}	0.03	20.0–23.0	11.0–13.0	0.75	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	0.75	Nb [®]	10×C to 1.2; 0.2 min
310 ^d	—	0.08–0.15	25.0–28.0	20.0–22.5	0.75	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	25 20 ^{e,j}	0.08–0.15	24.0–27.0	18.0–22.0	0.5	1.0–2.5	2.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—

**Table 1 (Continued)
Chemical Composition Requirements**

Traditional AWS A5.9 Alloy Designation ^c	Nominal Composition Designation ^c	Composition, Wt % ^{a,b}										Other Elements	
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu	Element	Amount
316	—	0.08	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
316Si	—	0.08	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
316H	—	0.04–0.08	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	19 12 3 H ^j	0.04–0.08	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
316L	—	0.03	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	19 12 3 L ^j	0.03	18.0–20.0	11.0–14.0	2.5–3.0	1.0–2.5	0.65	0.03	0.02	—	0.5	—	—
316L.Cu ^l	—	0.03	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.65	0.03	0.03	—	1.0–2.5	—	—
316LSi	—	0.03	18.0–20.0	11.0–14.0	2.0–3.0	1.0–2.5	0.65–1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	19 12 3 L Si ^j	0.03	18.0–20.0	11.0–14.0	2.5–3.0	1.0–2.5	0.65–1.25	0.03	0.02	—	0.5	—	—
316L.Mn ^e	—	0.03	19.0–22.0	15.0–18.0	2.5–3.5	5.0–9.0	0.30–0.65	0.03	0.03	0.10–0.20	0.75	—	—
—	20 16 3 Mn N L ^{e,j}	0.03	19.0–22.0	15.0–18.0	2.5–4.5	5.0–9.0	1.0	0.03	0.02	0.10–0.20	0.5	—	—
—	20 16 3 Mn L ^{e,j}	0.03	19.0–22.0	15.0–18.0	2.5–4.5	5.0–9.0	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
317	—	0.08	18.5–20.5	13.0–15.0	3.0–4.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
317L	—	0.03	18.5–20.5	13.0–15.0	3.0–4.0	1.0–2.5	0.30–0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
—	18 15 3 L ^{e,j}	0.03	17.0–20.0	13.0–16.0	2.5–4.0	1.0–4.0	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
—	19 13 4 L ^{e,j}	0.03	17.0–20.0	12.0–15.0	3.0–4.5	1.0–5.0	1.0	0.03	0.02	—	0.5	—	—
—	19 13 4 N L ^{e,j}	0.03	17.0–20.0	12.0–15.0	3.0–4.5	1.0–5.0	1.0	0.03	0.02	0.10–0.20	0.5	—	—

A2. Classification System

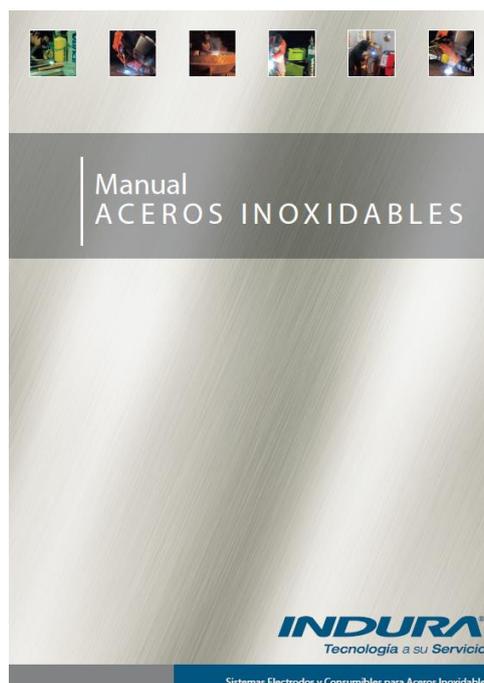
A2.1 The chemical composition of the filler metal is identified by a series of numbers and, in some cases, chemical symbols, the letters L, S, H, LR, and D or both. Chemical symbols are used to designate modifications of basic alloy types, for example, ER308Mo. The letter “H” denotes carbon content restricted to the upper part of the range that is specified for the standard grade of the specific filler metal. The letter “S” is used to modify the base alloy 310 to have a maximum carbon content of 0.08%. The letter “L” denotes carbon content in the lower part of the range that is specified for the corresponding standard grade of filler metal. The letters “LR” denote low residuals (see A8.49). The letter “D” denotes a composition slightly lower in chromium and nickel, possibly higher in molybdenum or niobium than the corresponding alloy designation. Such compositions are designed for low dilution overlay cladding usually by the electroslag strip process.

A2.1.1 The first two or three designators may be “ER” or “SS” for solid wires that may be used as electrodes or rods; or they may be “EQ” or “BS” for strip electrodes for products classified according to the traditional AWS A5.9 system (see Clause 4.3B); or they may be “ERS” for stranded wires in which all the wires are from the same heat that may be used as electrodes or rods. These designators are replaced, for wire electrodes, strip electrodes, wires, or rods classified according to the nominal composition system (see Clause 4.3A) by “G” for GMAW, “W” for GTAW, “P” for PAW, “S” for SAW, “B” for SAW or ESW with strip electrode, or “L” for LBW. *ISO 14343 has no designation for a stranded wire.*

A2.1.2 The three- or four-digit number, such as 308 in ER308, designates the chemical composition of the filler metal for products classified according to the traditional AWS A5.9 system (see Table 1). In the nominal composition system, the first pair of numbers indicates the Cr content, the second number or pair of numbers indicates the Ni content, the third number indicates the Mo content; these numbers are sometimes followed by additional symbols for additional alloying elements and carbon level (see Table 1).

Table A.1
Variations of Alloying Elements for Submerged Arc Welding of Stainless Steel

Element	Typical Change from Wire to Deposit
Carbon	Varies. On “L” grades, usually a gain: 0.01% to 0.02%; on non-L or “H” grades, usually a loss: up to 0.02%
Silicon	Usually a gain: 0.3% to 0.6%.
Chromium	Usually a loss, unless a deliberate addition is made to the flux: 0.5% to 3.0%.
Nickel	Little change, unless a deliberate addition is made to the flux.
Manganese	Varies: -0.5% to +0.5%.
Molybdenum	Little change, unless a deliberate addition is made to the flux.
Niobium	Usually a loss, unless a deliberate addition is made to the flux: 0.1% to 0.5%.



INDURA 308 L

AWS: ER308 L

Descripción: Varilla con bajo contenido de carbono para soldar acero inoxidable con proceso TIG. El bajo contenido de carbono en el metal de aporte (0,03 máximo), disminuye la posibilidad de precipitación de carburos e incrementa la resistencia a la corrosión intergranular sin el uso de estabilizadores tales como columbio y titanio.

Usos: Adecuado para uso de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 8-13% Ni, aceros estabilizados y no estabilizados (302, 304, 304L, 304LN, 308, 321, 347).

Aplicaciones típicas: Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos. Bombas, intercambiadores de calor.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.90%
Si: 0.38%	P: 0.020
S: 0.01	Cr: 19.80%
Ni: 9.80%	Mo: 0.19%

**INDURA 316 L**

AWS ER 316 L

Descripción: Varilla de bajo contenido de carbono para proceso TIG. Formulada para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte. El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.

Usos: Uso en industria alimenticia, de papel, turbinas, bombas. Se recomienda para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando hay posibilidades de "picadura" (ataque por ácido).

Aplicaciones típicas: Soldadura de aceros inoxidables que contienen 16-21% Cr, 10-15% Ni, 0-3% Mo, aceros estabilizados y no estabilizados tipos 316, 316L, 317, 317L, 316Ti, 318.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.02%	Mn: 1.69%
Si: 0.38%	P: 0.030
S: 0.008	Cr: 18.1%
Ni: 11.1%	Mo: 2.1%

INDURA 309L

AWS: ER 309L

Descripción: Varilla de bajo contenido de carbono para proceso TIG. Está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte. El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.

Usos: Es utilizado para soldar aceros inoxidables AISI tipos 304L y 309L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas.

Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables 309L, 304L, 309, 321 y 347. Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos corrosivos.

Posiciones de soldadura: P, H, V, SC.

Tipo de corriente: CCEN.

Composición química:

C: 0.01%	Mn: 1.60%
Si: 0.42%	P: 0.021%
S: 0.002%	Cr: 23.0%
Ni: 13.7%	Mo: 0.05%



Varillas para proceso oxiacetilénico y TIG

Inoxidable

308L AWS ER 308L	309L AWS ER 309L	316L AWS ER 316L
<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono, a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo. Depósito de excelente resistencia a la corrosión en muchos medios corrosivos.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de piezas de acero inoxidable tipos 301, 302, 304 (L), 321. Cordones de raíz de cañerías y estanques en la industria química, lechera, cervecera, petrolera, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (1/16") 1,6 mm, (3/32") 2,4 mm, (1/8") 3,2 mm, (5/32") 4,0 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 420 MPa (65.250 PSi) Alargamiento en 50 mm: 38% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,40%, Cr: 20,5%, Ni: 10,0%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo. Depósito resistente al calor y la corrosión intercrystalina.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aceros inoxidables tipos: 309, 309 Cb, aceros al 12% de Ni y aceros disímiles (aceros al carbono y baja aleación con aceros inoxidables).</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (5/64") 2 mm, (3/32") 2,4 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 420 MPa (63.821 PSi) Alargamiento en 50 mm: 38% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,45%, Cr: 24,0%, Ni: 13,0%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono, a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo y mejorar su resistencia a la corrosión intercrystalina.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aceros inoxidables austeníticos que contienen 16 - 21% Cr, 10 - 15% Ni, 0 - 3% Mo, estabilizados y no estabilizados (316 (L), 318, etc). Cordones de raíz en cañerías y estanques de la industria química, lechera, alimenticia, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: 1/16"(1,6 mm), 5/64" (12,0 mm), 3/32" (2,0 mm) Largo varillas: 36" (91 cm) Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protec. recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 450 MPa (65.271 PSi) Alargamiento en 50 mm: 37% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,35%, Cr: 19,5%, Ni: 13,0%, Mo: 2,6%</p>



ANEXO B

ANEXO B1 (PROCESO DE SOLDAURA PARA ACERO INOXIDABLE)

NORMA AWS D1.6

AWS D1.6/D1.6M:2017
An American National Standard

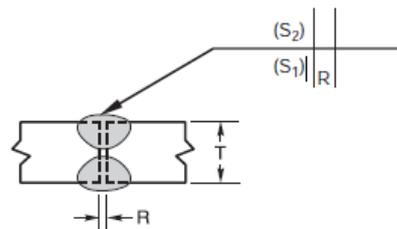
Structural Welding Code— Stainless Steel



Table 5.2
Approved Base Metals for PWPSS (see 5.3.1)

Minimum Tensile Strength ksi (MPa)	Minimum Yield Strength ksi (MPa)	Base Metal Group*	Alloy Designation*	UNS Number	ASTM Specification				
					Plate, Sheet, Strip	Tube	Plate, Sheet, Strip	Tube	Bars, Shapes
70 (490)	25 (170)	A	304L	S30403		A213	A240	A249	A276
70 (490)	25 (170)	A	316L	S31603		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	301	S30100			A240		A276
75 (520)	30 (200)	B	302	S30200			A240		A276
75 (520)	30 (200)	B	304	S30400		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	304H	S30409		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	308	S30880	A167				A276
75 (520)	30 (200)	B	309	S30900	A167				A276
75 (520)	30 (200)	B	309Cb	S30940		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	309H	S30909		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	309HCb	S30941		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	309S	S30908		A213	A240		A276
75 (520)	30 (200)	B	316	S31600	A167	A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	316Cb	S31640			A240		A276
75 (520)	30 (200)	B	316H	S31609		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	316Ti	S31635		A213	A240		A276
75 (520)	30 (200)	B	317	S31700		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	317L	S31703		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	321	S32100		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	321H	S32109		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	347	S34700		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	347H	S34709		A213	A240	A249	
75 (520)	30 (200)	B	348	S34800		A213	A240	A249	A276
75 (520)	30 (200)	B	348H	S34809		A213	A240	A249	

Cupón para soldadura a tope AWS D1.6

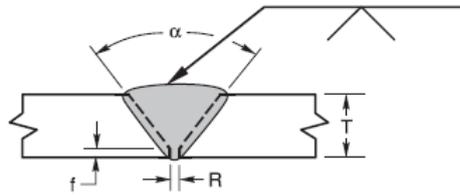


$S_1 + S_2$ MUST NOT EXCEED $3T/4$

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness T	Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size ($S_1 + S_2$)	Notes
			Root Opening	Tolerances				
				As Detailed (see 5.10.4)	As Fit-Up (see 5.10.4)			
SMAW GTAW FCAW GMAW	B-P1b	1/4 max.	$R = T/2$	+T/4, -0	$\pm T/4$	All	$3T/4$	a, o

Cupón para soldadura a bisel AWS D1.6

Single-V-groove weld
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness T	Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Notes
			Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances			
				As Detailed (see 5.11.2)	As Fit-Up (see 5.11.2)		
GTAW	B-L2b	2 min. to 25	R = 0 to $T/2 \leq 3$	+T/4 ≤ 2, -0	+2, -T/2 ≤ 1	All	e, o, p, q
			f = 0 to $T/2 \leq 2$	+T/4 ≤ 1, -0	+0, -T/2 ≤ 1		
			α = 75°	+0°, -10°	±5°		

(4) **Acceptance Criteria (Root-, Face-, Side-, and Longitudinal-Bends).** The convex surface of the bend test specimens shall be visually examined for surface discontinuities. For acceptance, the surface shall contain no discontinuities exceeding the following dimensions:

- (a) 1/8 in [3 mm] measured in any direction on the surface.
- (b) 3/8 in [10 mm]—the sum of the greatest dimensions of all discontinuities exceeding 1/32 in [1 mm], but less than or equal to 1/8 in [3 mm].
- (c) 1/4 in [6 mm]—the maximum corner crack, except when the corner crack resulted from visible slag inclusion or other fusion type discontinuities, then the 1/8 in [3 mm] maximum shall apply. Specimens with corner cracks exceeding 1/4 in [6 mm] with no evidence of slag inclusion or other fusion type discontinuities shall be disregarded, and a replacement test specimen from the original weldment shall be tested.

6.9.3.3 Reduced-Section Tension Test Specimens. Before testing, the least width and corresponding thickness of the reduced section shall be measured. The specimen shall be ruptured under tensile load, and the maximum load shall be determined. The tensile strength shall be obtained by dividing the maximum load by the original cross-sectional area (see Figures 6.14 through 6.17).

(1) **Acceptance Criteria (Tension Test).** The tensile strength shall be no less than the minimum of the specified tensile range of the base metal used, except as noted in 6.9.3.3(2). In a case in which two base metals of different minimum tensile strengths are used, the specified minimum tensile strength shall be the lesser of the two, except as noted in 6.9.3.3(2).

(2) **Acceptance Criteria for Undermatched Strength Weld Metal.** When undermatched strength weld metal is permitted, the tensile strength shall be no less than the minimum of the specified tensile range of the filler metal.

ANEXO C

ANEXO C1 (CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SOLDADOR)

WPQ

	<u>WELDER PERFORMANCE QUALIFICATION RECORD (WPQ)</u>
	(Calificación de Desempeño de Soldador)
	ASME IX BPVC Ed. 2021

IDENTIFICACION				
Contratante:	Varios	Locación:	Salcedo	
Proyecto:	Varios	Fecha Caducidad:	Ver Nota 1.	
Norma Aplicada:	ASME IX 2021	N° CI:	1715810154	
WPS utilizado:	WPS.PROLINOX.01	Fecha Calificación:	19-October-2021	
PQR:	PQR.PROLINOX.01	Nombre Soldador:	Luis Oswaldo Velastegui Collahuazo	W-01
WPQ:	WPQ.PROLINOX.01			

Nota 1: La calificación de acuerdo a la norma es indefinida a menos que se haya dejado el proceso por más de 6 meses o se tenga argumentos para recalificar. QW-322.1

DATOS DE PRUEBA							
VARIABLES QW-350	VALORES DE VARIABLES USADAS EN CALIFICACIÓN	RANGO DE CALIFICACION					
Proceso de Soldadura:	GTAW	GTAW					
Corriente y Polaridad:	DC+	DC+					
Gas de respaldo:	N/A	N/A					
Tipo de Proceso de Soldadura	Manual	Manual					
Progresión de Soldadura	Ascendente	Ascendente					
Material Base							
Especificación ASTM:	A312 tipo 304	--					
Número P:	P8 A P8	P8 A P8					
Diametro de Tubería:	2 NPS	1 pulgada en adelante					
Espesor de material Base:	3.91 mm	1.6 a 8 mm					
Posición de Soldadura:							
P= Plana		<table border="1"> <tr> <td>Ranura placa</td> <td rowspan="4">Plana, horizontal</td> </tr> <tr> <td>Ranura tubería</td> </tr> <tr> <td>Filete placa</td> </tr> <tr> <td>Filete tubería</td> </tr> </table>	Ranura placa	Plana, horizontal	Ranura tubería	Filete placa	Filete tubería
Ranura placa	Plana, horizontal						
Ranura tubería							
Filete placa							
Filete tubería							
H=Horizontal	2G						
V=Vertical							
S= Sobrecabeza							
Material de respaldo	Sin material de respaldo	Con o sin backing o Back Weld para CJP					
Material de aporte:							
Especificación de aporte:	AWS 5.9 ER308L	AWS 5.9 todas					
Presentación metal de aporte:	BAR	Bar					
N° F:	6	6					
Espesor de material aportado t:	4 mm	1.6 a 8 mm					
Insertos:	N/A	N/A					

INSPECCION VISUAL ACEPTABLE			SI (X)	NO ()
	Tube 2G	---		
Apariencia:	Aceptable	---		
Grietas:	ninguna	---		
Mordeduras:	ninguna	---		
Otros:	ninguna	---		



ENSAYOS DESTRUCTIVO/NO DESTRUCTIVOS ACEPTABLES					SI (X)	NO ()
ENSAYO	REALIZADO POR	INFORME	RESULTADO	OBSERVACIONES		
DOBLADO raíz	ILPM	549	Aprobado			N/A
DOBLADO Cara	ILPM	549	Aprobado			N/A

Los abajo firmantes CERTIFICAN que los estamentos en este registro son correctos y que las pruebas de soldadura fueron preparadas y testeadas de acuerdo a los requerimientos de la Norma "ASME IX BPVC" edición 2021. Por lo tanto, se emite la presente calificación de soldador WPQ. En caso de no presentarse el original, el pdf deberá tener la firma electrónica del CWI



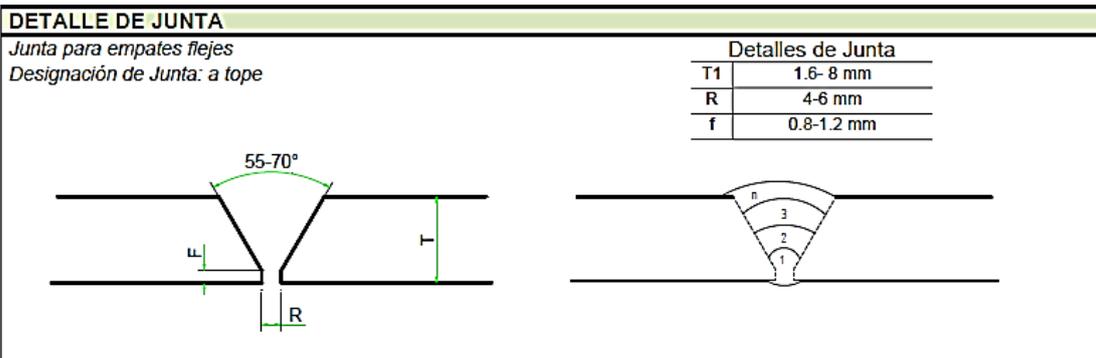
Elaborado Por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
 Firmado digitalmente por AUGUSTO DAMIAN CASTILLO ALAJÓ DN: cn=AUGUSTO DAMIAN CASTILLO ALAJÓ, o=EC, ou=QUITO, ou=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, Motivo: Soy el autor de este documento, Ubicación: Quito, Fecha: 2021.10.22T11:30:05-05:00 Ing. Augusto Castillo Inspector de Soldadura CWI 22-October-2021		

ANEXO C2 (ESPECIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDAURA)

	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) ASME IX BPVC
	Formato: 1

Este documento es de uso exclusivo dentro de PROLINOX. Su aplicación fuera de ella no es responsabilidad de los firmantes en este documento. La validez y aplicación de este WPS siempre estará a juicio del CONSTRUCTOR con su Dpto. Técnico encargado del Proyecto específico.

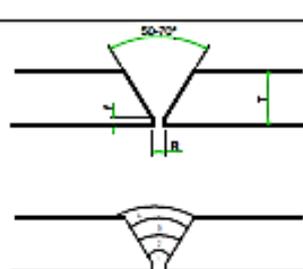
IDENTIFICACION			
Proyecto: Varios Planta			
Cliente:	Varios	ID. WPS:	WPS.PROLINOX.01
Norma usada	ASME IX BPVC	PQR:	PQR.PROLINOX.01
Ubicación:	Latacunga	Fecha de elaboración:	24-Octubre-2021
JUNTA		POSICION	
Tipo:	A Tope	Tipo de Soldadura	Filete <input type="checkbox"/> Ranura <input checked="" type="checkbox"/>
Soldadura de:	Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Doble lado <input type="checkbox"/>	Tipo de Posición	Plana y Horizontal
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Progresión vertical:	Ascendente <input checked="" type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/>
CARACTERISTICAS ELECTRICAS			
Material de placa de respaldo:	N/A	Tipo proceso:	GTAW Manual
Backgouging	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Tipo Corriente	DC (+)
Método:	N/A	Tipo Transferencia	N/A
MATERIAL BASE		TECNICA	
Especificación:	ASTM 312 tipo 304	Avance:	Recto <input type="checkbox"/> Oscilado <input checked="" type="checkbox"/> Todos
Espesor:	1.6 - 8 mm	Nº de pases:	Un solo pase <input type="checkbox"/> Varios Pases <input checked="" type="checkbox"/>
Grupo:	P8	Número de electrodos	1
Diámetro (tubería):	1 Pulgada a ilimitado	Limpieza entre pases:	Grata y esmeril
MATERIAL DE APORTE		NOTAS:	
Especificación:	AWS 5.9	<ul style="list-style-type: none"> - No soldar en superficies mojadas. - Electrodo EWTH 2% Thorio - No realizar precalentamiento o PWHT. - Usar gratas y disco para material inox. 	
Clasificación AWS:	ER308L		
Nombre comercial	Hyundai		
Gas de Protección:	100% Argón Linde		
Flujo de gas	20 lpm		



VARIABLES DEL PROCEDIMIENTO						
Nº PASE	ELECTRODO	Ø ELECTRODO mm.	CORRIENTE A	VOLTAJE V	VEL. DE AVANCE	OBSERVACIONES
1	ER308	2.4	70-90	10-12	8-12 cm/min	
2	ER308	2.4	70-90	10-12	8-12 cm/min	
n	ER308	2.4	70-90	10-12	8-12 cm/min	

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD		
ELABORADO POR	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
<p style="font-size: small;"> Ing. Augusto Castillo DN: cn=AUGUSTO DAMIAN CASTILLO ALAJÓ, o=EC, ou=QUITO, ou=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Quito Fecha: 2021-10-27 11:39:05:00 Inspecto CWI 22-Octubre-2021 </p>	<p style="text-align: center;">_____</p>	<p style="text-align: center;">_____</p>

ANEXO C3 (REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA)

		BPVC-IX-2017 WELDING PROCEDURE RECORD (PQR) CARILLA 1 DE 2 (FRENTE)						
		Formato: 2						
Este documento es de uso para PROLINOX cuyo Alcance se enmarca dentro de lo descrito por la Norma ASME III. Es responsabilidad del usuario determinar su aplicación para los trabajos donde se estime conveniente el uso de este PQR.								
IDENTIFICACIÓN								
Cliente:		VARIOS						
Proyecto:		Varios						
PQR N°:		PQR.PROLINOX.01						
Procesos de Soldadura:		SMAW <input type="checkbox"/>	GTAW <input checked="" type="checkbox"/>	SAW <input type="checkbox"/>	FCAW <input type="checkbox"/>	GMAW <input type="checkbox"/>		
Tipo de Proceso:		AUTOMATICO <input type="checkbox"/>	SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/>	MANUAL <input checked="" type="checkbox"/>				
Soldador:	LUIS OSWALDO VELASTEGUI COLLAHUAZO	Id:	1715810154	Estampe:	W 01			
Fecha de Elaboración:	18 de Octubre del 2021							
JUNTA								
Layer	Proceso	Aporte	Tamaño	Amp.	Vol.	Travel Speed	Tipo Corriente	SKETCH 
1	GTAW	ER-308L	Ø 3/32	70	—	Ø pul/min	DC+	
2	GTAW	ER-308L	Ø 3/32	70	—	Ø pul/min	DC+	
3	GTAW	ER-308L	Ø 3/32	70	—	4 pul/min	DC+	
4	GTAW	ER-308L	Ø 3/32	70	—	4 pul/min	DC+	
Nomenclatura Layers 1 Raíz 2 Caliente 3 Relleno 4 Capa								
MATERIAL BASE				MATERIAL DE APORTE				
Especificación:	ASTM A 312 tipo 304				SMAW	other		
Grupo:	P8 A P8			Especificación SFA:	A5.9	n/a		
UNS:	S30400			Clasificación AWS:	ER308L	n/a		
Espesor del Cupón:	3,91 mm			N° GRUPO :	1	n/a		
Diámetro del Cupón:	2 NPS			N° A:	N/A	n/a		
Máx. espesor de pase:	3 mm			Tamaño:	Ø 3,32	n/a		
Otro:				Forma:	sólido	n/a		
				Inserto:	n/a	n/a		
				Clasificación Fundente:	n/a	n/a		
				Tipo de Fundente:	n/a	n/a		
POSICION				GAS				
Posición ranura:	2G			Escudo del arco:	n/a			
Progresión Soldadura:	N/A			Escudo soldadura:	n/a			
Otro:				Escudo respaldo:	n/a			
FIRMAS RESPONSABILIDAD								
 Firmado digitalmente por AUGUSTO DAMIAN CASTELLO ALAJO DN: cn=AUGUSTO DAMIAN CASTELLO ALAJO c=EC INCUITO s=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR o=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Quito Fecha: 2021-10-27 11:38:05-00								
	Ing. Augusto Castillo							
	CWI 1111191							
ELABORADO POR		REVISADO POR		APROBADO POR				



**BPVC-IX-2021
WELDING PROCEDURE RECORD (PQR)
CARILLA 2 DE 2 (REVERSO)**

Formato: 2

Este documento es de uso para PROLINOX cuya Alcanza se enmarca dentro de lo Descrito por la Norma ASME IX. Es responsabilidad del usuario determinar su aplicación para otros trabajos donde se estime conveniente el uso de este PQR.

PRECALENTAMIENTO		TRAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA	
Temperatura de Pre calentamiento:	n/a	Temperatura :	n/a
Temperatura de entrapases:	n/a	Tiempo:	n/a
Otros:		Otros:	

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		TÉCNICA DE SOLDEO	
Tipo de Corriente:	<i>Corriente Continua</i>	Velocidad de avance:	
Polaridad:	<i>Positivo</i>	Recto: X	Oscilado: X
Ø Boquilla Gtaw	8	Distancia:	n/a
Ø electrodo de Tugnsteno y Tipo:	<i>Ew Th 2%</i>	Tamaño Oscilación:	<i>8 mm max</i>
Modo de transferencia GMAW:	<i>n/a</i>	Un pase:	Multipase: X
		Un electrodo:	n/a
		Multielectrodo:	n/a
		Otro:	

ENSAYOS DE TENSIÓN						
Especímen	Dimensiones		Area mm 2	Carga de rotura Ultima	Resistencia a la tracción	Tipo de Falla y Localización
	Ancho	Espesor				
T1	29,89	3,58	106,41	42,05kN	102,91 KSI	M. Aporte
T2	30,88	3,44	106,23	37,70kN	97,55 KSI	M. Aporte
Responsable del Test:	Ing. Iván Patricio Estupiñán				Fecha:	21 de Octubre del 2021
Nombre Laboratorio:	ILPM				N° Informe:	549

ENSAYOS DE DOBLADO						
Especímen	Tipo de doblado	Resultados	Especímen	Tipo de doblado	Resultados	
W01 C1	CARA	OK	W01 R1	RAIZ	OK	
W01 C2	CARA	OK	W01 R2	RAIZ	OK	
Responsable del Test:	Ing. Iván Patricio Estupiñán				Fecha:	21 de Octubre del 2021
Entidad:	ILPM				N° Informe:	549

ENSAYOS DE MACROGRAFIA						
Especímen	Indicaciones	Resultados	Especímen	Indicaciones	Resultados	
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Responsable del Test:					Fecha:	
Entidad:					N° Informe:	

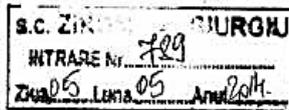
OTROS ENSAYOS	
Tipo de Ensayo:	
Otros:	

FIRMAS RESPONSABILIDAD		
 Firmado digitalmente por DAMIAN CASTILLO ALAJO DN: cn=DAMIAN CASTILLO ALAJO, o=INSTITUTO PANAMICO CENTRAL DEL SOLDADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INGENIEROS PROFESIONALES, email=damian.castillo@icps.com.pa, c=PA		
	CWI 1111191	
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR

ANEXO D
ANEXO D1 (ENSAYO A TRACCIÓN)
ASTM E8



Designation: E8/E8M - 13a

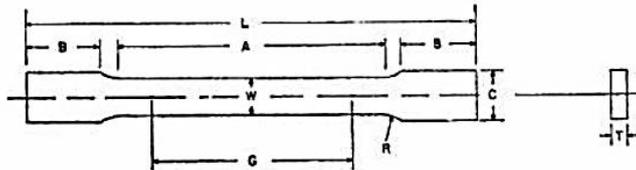


K-5115-1011-13a
 American Association State
 Highway and Transportation Officials Standard
 AASHTO No.: T68
 An American National Standard

**Standard Test Methods for
 Tension Testing of Metallic Materials¹**

This standard is issued under the fixed designation E8/E8M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.



	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gauge length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

ANEXO D2 (ENSAYO DE DUREZA BRINELL)

ASTM E10



3.1.3 *standardization*—to bring in conformance with a known standard through verification or calibration.

3.1.4 *Brinell hardness test*—an indentation hardness test using a verified machine to force an indenter (tungsten carbide ball with diameter D), under specified conditions, into the surface of the material under test. The diameter of the resulting indentation d is measured after removal of the force.

3.1.5 *Brinell hardness number*—a number, which is proportional to the quotient obtained by dividing the test force by the curved surface area of the indentation which is assumed to be spherical and of the diameter of the ball.

3.1.6 *Brinell hardness scale*—a designation that identifies the specific combination of ball diameter and applied force used to perform the Brinell hardness test.

3.1.7 *Brinell hardness testing machine*—a Brinell hardness machine used for general testing purposes.

3.1.8 *Brinell hardness standardizing machine*—a Brinell hardness machine used for the standardization of Brinell hardness test blocks. The standardizing machine differs from a regular Brinell hardness testing machine by having tighter tolerances on certain parameters.

3.1.9 *force-diameter ratio*—a number calculated as the ratio of the test force in kgf to the square of the indenter ball diameter in mm (see Table 1).

TABLE 1 Symbols and Designations

Symbol	Designation
D	Diameter of the ball, mm
F	Test force, N
F_{kgf}	Test force, kgf
	$F_{kgf} = \frac{1}{g_n} \times F$
	where g_n is the acceleration due to gravity. $g_n = 9.80665 \text{ kgf/N}$
d	Mean diameter of the indentation, mm
	$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$
	where $d_1 + d_2 + \dots + d_n$ are the measured indentation diameters in mm, and n is the number of diameter measurements.
h	Depth of the indentation, mm
	$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$
Force-Diameter ratio	$= \frac{F_{kgf}}{D^2}$
HBW	Brinell hardness
	$= \frac{\text{Test Force}}{\text{Surface area of indentation}}$
	$= \frac{2F_{kgf}}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

3.2 *Equations:*

3.2.1 The *Brinell hardness number* is calculated as:

$$HBW = \frac{2F_{kgf}}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

where:

F_{kgf} = test force in kgf,

D = diameter of the indenter ball in mm, and

d = measured mean diameter of the indentation in mm (see Table 1).

3.2.2 The *repeatability* R in the performance of a Brinell hardness machine at each hardness level, under the particular verification conditions, is estimated by the range of diameter measurements of n indentations made on a standardized test block as part of a performance verification, defined as:

$$R = d_{max} - d_{min} \quad (2)$$

where:

d_{max} = mean diameter of the largest measured indentation, and

d_{min} = mean diameter of the smallest measured indentation.

3.2.3 The *average* \bar{H} of a set of n Brinell hardness measurement values H_1, H_2, \dots, H_n is calculated as:

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (3)$$

3.2.4 The *error* E in the performance of a Brinell hardness machine at each hardness level is determined as:

$$E = \bar{H} - H_{STD} \quad (4)$$

where:

\bar{H} (Eq 3) = average of n hardness tests H_1, H_2, \dots, H_n made on a standardized test block as part of a performance verification, and

H_{STD} = certified average hardness value of the standardized test block.

3.2.5 The *mean diameter of an indentation* d is calculated as:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad (5)$$

Where:

d_1, d_2, \dots, d_n = measured indentation diameters in mm, and
 n = the number of diameter measurements.

3.2.6 The *average mean diameter* \bar{d} of a set of indentations is calculated as:

$$\bar{d} = \frac{d1 + d2 + \dots + dN}{N} \quad (6)$$

where:

$d1, d2, \dots, dN$ = mean indentation diameters in mm, and
 N = number of indentations (see Annex A4).

4. Significance and Use

4.1 The Brinell hardness test is an indentation hardness test that can provide useful information about metallic materials. This information may correlate to tensile strength, wear

TABLE 3 Test Conditions and Recommended Hardness Range

Brinell Hardness Scale	Ball Diameter <i>D</i> mm	Force-Diameter Ratio ^A	Nominal Value of Test Force, F		Recommended Hardness Range HBW
			N	kgf	
			HBW 10/3000	10		30	29420	3000	95.5 to 650
HBW 10/1500	10	15	14710	1500	47.7 to 327
HBW 10/1000	10	10	9807	1000	31.8 to 218
HBW 10/500	10	5	4903	500	15.9 to 109
HBW 10/250	10	2.5	2452	250	7.96 to 54.5
HBW 10/125	10	1.25	1226	125	3.98 to 27.2
HBW 10/100	10	1	980.7	100	3.18 to 21.8
HBW 5/750	5	30	7355	750	95.5 to 650
HBW 5/250	5	10	2452	250	31.8 to 218
HBW 5/125	5	5	1226	125	15.9 to 109
HBW 5/62.5	5	2.5	612.9	62.5	7.96 to 54.5
HBW 5/31.25	5	1.25	306.5	31.25	3.98 to 27.2
HBW 5/25	5	1	245.2	25	3.18 to 21.8
HBW 2.5/187.5	2.5	30	1839	187.5	95.5 to 650
HBW 2.5/62.5	2.5	10	612.9	62.5	31.8 to 218
HBW 2.5/31.25	2.5	5	306.5	31.25	15.9 to 109
HBW 2.5/15.625	2.5	2.5	153.2	15.625	7.96 to 54.5
HBW 2.5/7.8125	2.5	1.25	76.61	7.8125	3.98 to 27.2
HBW 2.5/6.25	2.5	1	61.29	6.25	3.18 to 21.8
HBW 1/30	1	30	294.2	30	95.5 to 650
HBW 1/10	1	10	98.07	10	31.8 to 218
HBW 1/5	1	5	49.03	5	15.9 to 109
HBW 1/2.5	1	2.5	24.52	2.5	7.96 to 54.5
HBW 1/1.25	1	1.25	12.26	1.25	3.98 to 27.2
HBW 1/1	1	1	9.807	1	3.18 to 21.8

^A See Table 1.

TABLE 4 Minimum Specimen Thickness Based on Ten-Times the Indentation Depth

Diameter of Indentation, <i>d</i>	Minimum Specimen Thickness							
	10 mm Ball		5 mm Ball		2.5 mm Ball		1 mm Ball	
	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.
0.2							0.1	0.004
0.3							0.2	0.009
0.4							0.4	0.016
0.5							0.7	0.026
0.6					0.4	0.014	1.0	0.039
0.7					0.5	0.020		
0.8					0.7	0.026		
0.9					0.8	0.033		
1.0					1.0	0.041		
1.1					1.3	0.050		
1.2			0.7	0.029	1.5	0.060		
1.3			0.9	0.034	1.8	0.072		
1.4			1.0	0.039	2.1	0.084		
1.5			1.2	0.045	2.5	0.098		
1.6			1.3	0.052				
1.7			1.5	0.059				
1.8			1.7	0.066				
1.9			1.9	0.074				
2.0			2.1	0.082				
2.2			2.6	0.100				
2.4	1.5	0.058	3.1	0.121				
2.6	1.7	0.068	3.6	0.144				
2.8	2.0	0.079	4.3	0.169				
3.0	2.3	0.091	5.0	0.197				
3.2	2.6	0.104						
3.4	3.0	0.117						
3.6	3.4	0.132						
3.8	3.8	0.148						
4.0	4.2	0.164						
4.2	4.6	0.182						
4.4	5.1	0.201						
4.6	5.6	0.221						
4.8	6.1	0.242						
5.0	6.7	0.264						
5.2	7.3	0.287						
5.4	7.9	0.312						
5.6	8.6	0.338						
5.8	9.3	0.365						

TABLE A2.2 Testing Cycle Requirements

Testing Cycle Parameter	Tolerance
Indenter contact velocity	≤1 mm/s
Time for application of test force	2.0 to 8.0 s
Dwell time for test force	10 to 15 s

TABLE A2.3 Standardization Laboratory Environmental Requirements

Environmental Parameter	Tolerance	Accuracy of Measuring Instrument
Temperature	23 ± 2°C (73 ± 5°F)	±1°C (±2°F)
Relative humidity	≤70 %	±10 %

TABLE A2.4 Verification Schedule for a Brinell Hardness Standardizing Machine

Verification	Schedule
Direct Verification	At a maximum, shall be within 12 months prior to standardization testing. When a standardizing machine is new, moved, or when adjustments, modifications or repairs are made that could affect the application of the test forces, the indentation measuring system, or the testing cycle.
Monitoring	Each day that test blocks are to be calibrated. Either a direct verification or performance.

ANEXO D3 (ENSAYO DE IMPACTO)

ASTM E23



Designation: E23 – 12c

An American National Standard

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscripted epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This nominal has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

7. Test Specimens

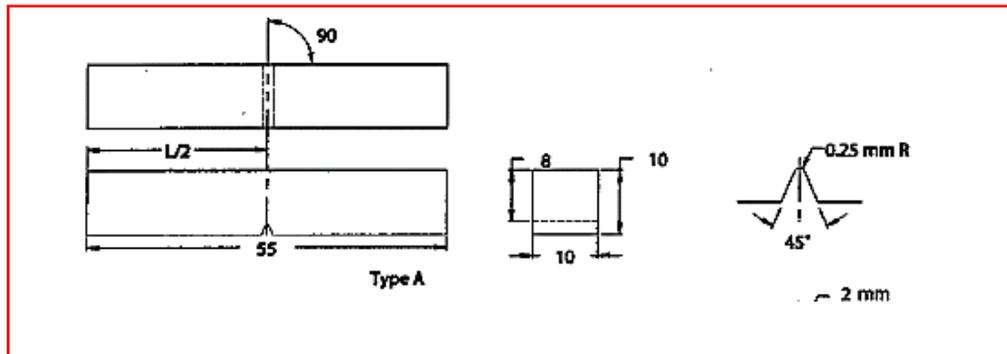
7.1 Configuration and Orientation:

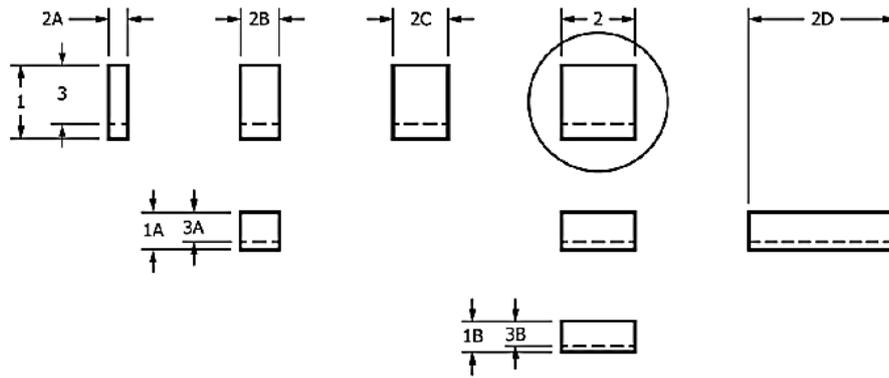
7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen

measuring impact test specimens shall be prepared according to the procedure in Practice B925. The impact test results of these materials are affected by specimen orientation. Therefore,

¹ Report of Subcommittee XV on Impact Testing of Committee A-3 on Cast Iron, Proceedings, ASTM, Vol 33 Part 1, 1933.





ID Number	Description	Dimension	Tolerance
1	Width, Standard	10.0 mm	±0.075 mm
1A	Width, Half	5.0 mm	±0.050 mm
1B	Width, Third	3.0 mm	±0.030 mm
2	Thickness, Standard	10.0 mm	±0.075 mm
2A	Thickness, Quarter	2.5 mm	±0.025 mm
2B	Thickness, Half	5.0 mm	±0.050 mm
2C	Thickness, Three-Quarters	7.5 mm	±0.075 mm
2D	Thickness, Double	20.0 mm	±0.075 mm
3	Ligament Length, Standard	8.0 mm	±0.025 mm
3A	Ligament Length, Half	4.0 mm	±0.025 mm
3B	Ligament Length, Third	2.4 mm	±0.025 mm

NOTE 1—The circled specimen is the standard V-notch specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—On sub-size specimens the length, notch angle, notch radius, surface finish are constant with V-notch specimens (see Fig. 1); width, thickness, and ligament length vary as indicated above.

FIG. A3.1 Sub-Size Charpy (Simple-Beam) V-Notch Impact Test Specimens

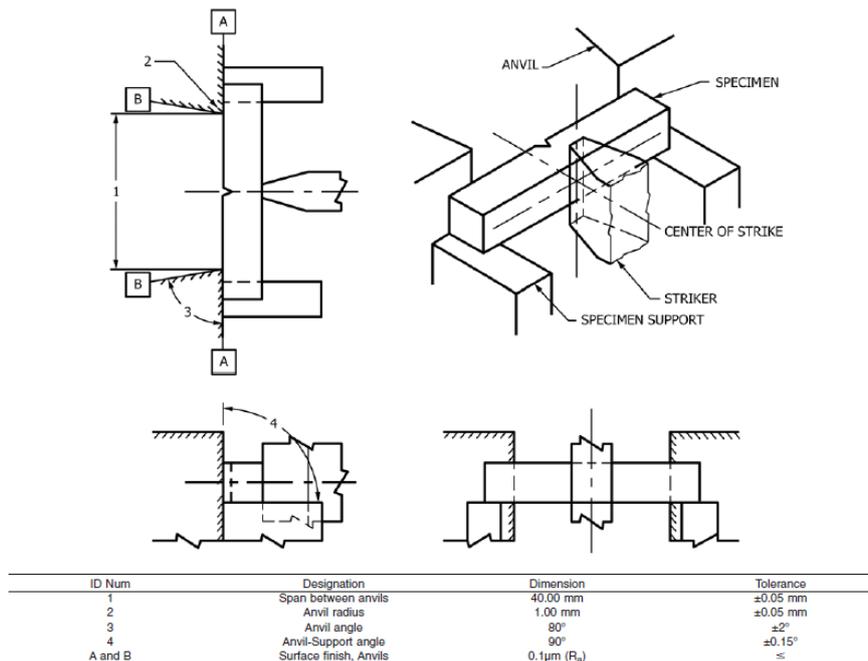


FIG. A1.2 Charpy Anvils and Supports

ANEXO D4 (ENSAYO DE ESPECTROMETRÍA)

ASTM E1085-16

1. Scope

1.1 This test method covers the wavelength dispersive X-ray fluorescence analysis of low-alloy steels for the following elements:

Element	Mass Fraction Range, %
Calcium	0.001 to 0.007
Chromium	0.04 to 2.5
Cobalt	0.03 to 0.2
Copper	0.03 to 0.6
Manganese	0.04 to 2.5
Molybdenum	0.005 to 1.5
Nickel	0.04 to 3.0
Niobium	0.002 to 0.1
Phosphorus	0.010 to 0.08
Silicon	0.06 to 1.5
Sulfur	0.009 to 0.1
Vanadium	0.012 to 0.6

Note: 1—Unless exceptions are noted, mass fraction ranges can be extended and additional elements can be included by the use of suitable reference materials and measurement conditions. Deviations from the published scope must be validated by experimental means. See Guide E2857 for information on validation options.

1.2 The values stated in the International System of Units (SI) are to be regarded as standard. The values given in parentheses are mathematical conversions to other units that are provided for information only, because they may be used in older software and laboratory procedures.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 10.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- E29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications
- E135 Terminology Relating to Analytical Chemistry for Metals, Ores, and Related Materials
- E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
- E1361 Guide for Correction of Interelement Effects in X-Ray Spectrometric Analysis
- E1621 Guide for Elemental Analysis by Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry
- E2857 Guide for Validating Analytical Methods

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology E135.

4. Summary of Test Method

4.1 The test specimen is finished to a clean uniform surface and then irradiated with a primary X-ray beam of high energy. The secondary X-rays produced are dispersed by means of crystals, and the intensities (also called count rates) are measured by suitable detectors at selected wavelengths. Radiation measurements are made based on the time required to reach a fixed number of counts, or on the total counts obtained for a fixed time. Mass fractions of the elements are determined by relating the measured intensities from unknown specimens to analytical curves prepared with suitable reference materials. Either a fixed-channel, polychromator system or a sequential, wavelength dispersive monochromator system may be used to provide simultaneous or sequential determinations of elements, respectively.

13. Calibration and Standardization

13.1 *Calibration (Preparation of Analytical Curves)*—Using the conditions given in Section 12, measure a series of reference materials that cover the mass fraction ranges of interest. Prepare an analytical curve for each element being determined. Refer to Guide E1361 and Guide E1621.

13.2 *Standardization (Drift Correction)*—Using a control reference material, check the calibration of the X-ray spectrometer at a frequency consistent with statistical process control practice, or when the detector gas or major components have been changed. If the calibration check indicates that drift has occurred, make appropriate adjustments in accordance with the instructions in the manufacturer's manual.

14. Procedure

14.1 *Specimen Loading*—Orient the reference materials and test specimens in the specimen chamber so that the relationship between the X-ray beam and the grinding striations is the same for all measurements. This is an essential requirement if the spectrometer is not equipped with a specimen spinner, but is not necessary when a spinner is used.

14.2 *Excitation*—Expose the specimen to primary X-rays in accordance with Section 12.

14.3 *Radiation Measurements*—Obtain the count rate measurement for each element. Either fixed count or fixed time modes may be used. Obtain at least the predetermined minimum counts for all specimens.

14.4 *Replicate Measurements*—Make a single measurement on each test specimen. The performance of an X-ray spectrometer is not improved significantly by making multiple measurements on the same surface of the specimen. Confidence in the accuracy of analysis will improve by making multiple measurements on freshly prepared surfaces of the same specimen or by analyzing more than one specimen.

ANEXO E

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS MECÁNICOS
REALIZADOS EN EL CENTRO DE FOMENTO CARROCERO DE
LA CIUDAD DE AMBATO Y PLANOS**

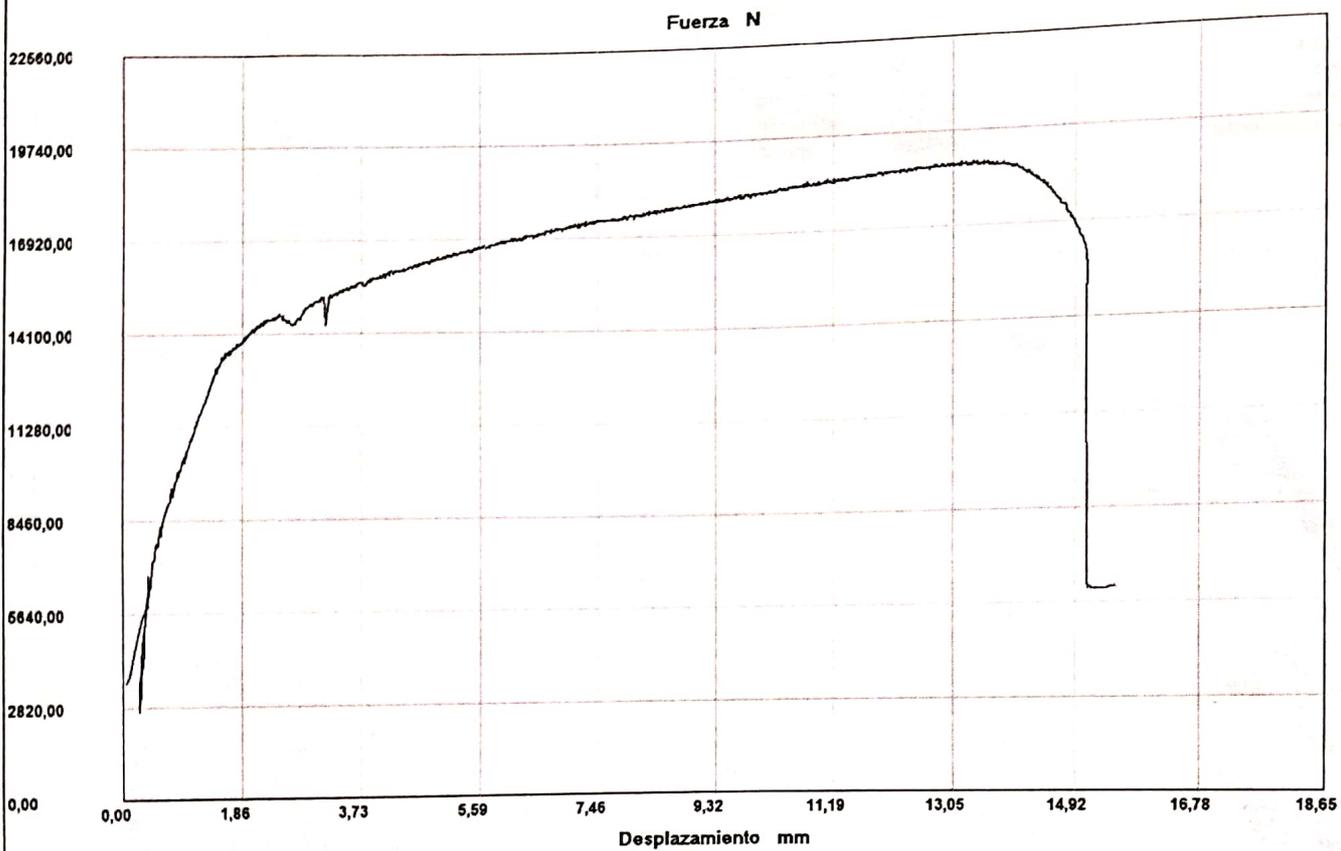
INFORME :
 ENSAYO :

ETM 01
 TRACCION

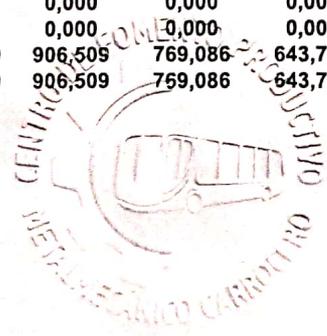
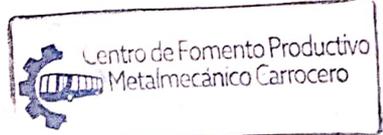


Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad : RM_2022-022
 Operario : A. Técnico
 Norma : ASTM E8/E8M-21
 Fecha : 23/08/2022
 Hora : 8:45:26
 Temperatura : 18,8
 H.R.% : 50,1
 Pedido : 180442468520220805

Cliente: Jonathan Pazmiño
 CI:1804424685
 Dimensiones de probeta:
 Ancho: 6,89 mm.; Espesor: 3,01 mm.; ZC: 25mm.
 Designación de material:
 Acero AISI 304 (Declarado por cliente).
 Realizado por: Ing. Fernando Tibán
 Aprobado por: Ing. Luis Mayorga



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	18800,00	15950,00	13350,00	906,51	769,09	643,72
Media	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Mediana	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Desv. Std	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Coef. V.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Mínimo	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Rango	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
-3 Sigma	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718



Parametros

Precarga	=		
Caida %	=	3000,00	N
Retorno Automatico	=	100,00	
Limite Fuerza	=	1,00	
Limite Desplazamiento	=	1500000,00	N
Stop Ext	=	2000,00	mm
	=	2000,00	mm

Velocidades

Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



INFORME ENSAYO

ETM 01
TRACCION

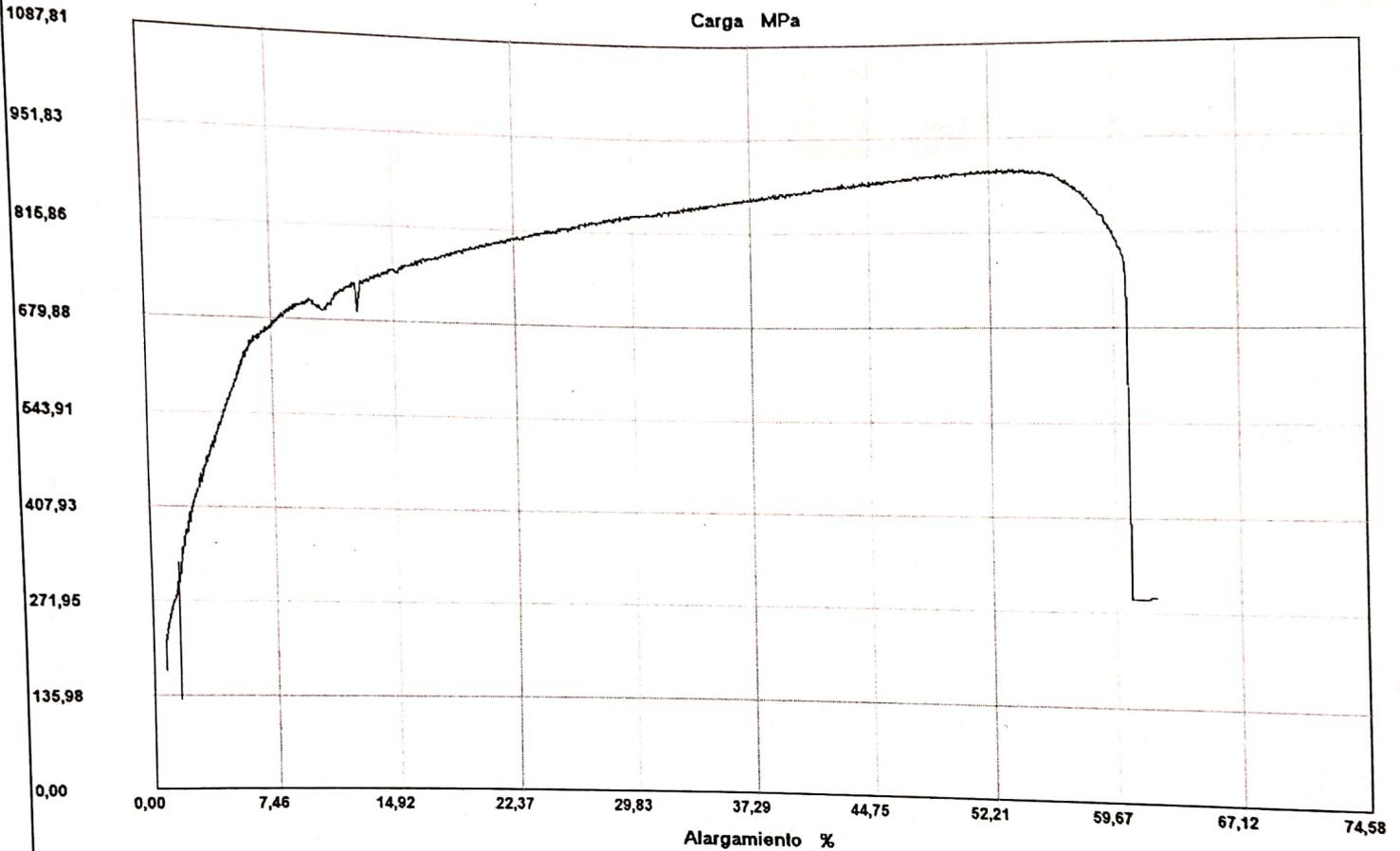


Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : RM_2022-022
 Norma : A. Técnico
 Fecha : ASTM E8/E8M-21
 Hora : 23/08/2022
 Temperatura : 8:45:26
 H.R.% : 18,8
 Pedido : 50,1
 180442468520220805

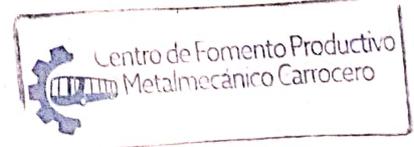
Cliente: Jonathan Pazmiño
 CI: 1804424685
 Dimensiones de probeta:
 Ancho: 6,89 mm.; Espesor: 3,01 mm.; ZC: 25mm.
 Designación de material:
 Acero AISI 304 (Declarado por cliente).

Realizado por:
 Ing. Fernando Tibán

Aprobado por:
 Ing. Luis Mayorga



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	18800,00	15950,00	13350,00	906,51	769,09	643,72
Media	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Mediana	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Desv. Std	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Coef. V.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Mínimo	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
Rango	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718
-3 Sigma	18800,000	15950,000	13350,000	906,509	769,086	643,718



Parametros

Precarga	=	3000,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	2000,00	mm
Stop Ext	=	2000,00	mm

Velocidades

Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-EDB	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.	
Dirección: Techo Propio, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804424685.	Teléfono: +593995072076.
E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores, las identaciones se realizan en la zona de fusión de la soldadura.
Método de ensayo: ASTME10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Número de identaciones
1	180442468520220712-EDB 01	A Tope	308L	2
2	180442468520220712-EDB 02	A Tope	309L	2
3	180442468520220712-EDB 03	A Tope	316L	2
4	180442468520220712-EDB 04	A Bisel	308L	2
5	180442468520220712-EDB 05	A Bisel	309L	2
6	180442468520220712-EDB 06	A Bisel	316L	2
			Total	12

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, configuración y cantidad es declarada por el cliente.

ENSAYO SOLICITADO				FECHA RECEPCIÓN
No	No. DE PROBETA	Espesor	DESCRIPCIÓN	
1	180442468520220712-EDB 01-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
2	180442468520220712-EDB 01-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
3	180442468520220712-EDB 02-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
4	180442468520220712-EDB 02-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
5	180442468520220712-EDB 03-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
6	180442468520220712-EDB 03-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
7	180442468520220712-EDB 04-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
8	180442468520220712-EDB 04-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
9	180442468520220712-EDB 05-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
10	180442468520220712-EDB 05-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
11	180442468520220712-EDB 06-1	3 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
12	180442468520220712-EDB 06-2	6 mm	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.
Cliente	

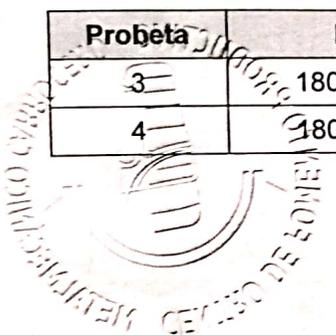


Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
1	180442468520220712-EDB 01-1	20,9	51,9	139	148
2	180442468520220712-EDB 01-2				
				Promedio \bar{x}	143,500
				Desviación estándar S_{n-1}	6,364
				Coefficiente de variación CV	4,435

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
3	180442468520220712-EDB 02-1	220,8	52,4	133	149
4	180442468520220712-EDB 02-2				
				Promedio \bar{x}	141,000
				Desviación estándar S_{n-1}	11,314
				Coefficiente de variación CV	8,024

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
5	180442468520220712-EDB 03-1	20,7	52,5	160	155
6	180442468520220712-EDB 03-2				
				Promedio \bar{x}	157,500
				Desviación estándar S_{n-1}	3,536
				Coefficiente de variación CV	2,245



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL

INFORME DE RESULTADOS N°: 180442468520220712-EDB

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2022_008.

Empresa/Ciente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

RUC/C.I.: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.

Dirección: Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Rio de Janeiro.

Método de ensayo:

ASTM E10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

Equipo utilizado: Durómetro ERNST.

Modelo: NR3D.

Serie: 4651.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Tiempo de duración de la fuerza: 10 s.

Ultima verificación de máquina: CF-AE-AM-RG-003.

Patrón utilizado: PR3. AlMgSiO-10mm 95,4 HB/30 ± 5.

Verificación de la máquina por medio de patrón: 96 HB/30 (ACEPTABLE).

Fecha Inicio de Ensayo: 2022/07/20.

Fecha Finalización de Ensayo: 2022/07/20.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores, las indentaciones se realizan sobre la zona de fusión de la soldadura.* La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

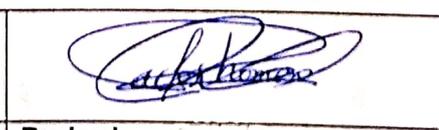
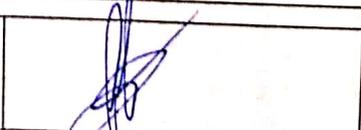
OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Número de indentaciones
1	180442468520220712-EDB 01	A Tope	308L	2
2	180442468520220712-EDB 02	A Tope	309L	2
3	180442468520220712-EDB 03	A Tope	316L	2
4	180442468520220712-EDB 04	A Bisel	308L	2
5	180442468520220712-EDB 05	A Bisel	309L	2
6	180442468520220712-EDB 06	A Bisel	316L	2
Total				12

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Revisado por: Ing. David Romero C. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 21 de julio de 2022.
N°. Factura: 001-001-000000030.



INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
7	180442468520220712-EDB 04-1	20,7	52,7	147	146
8	180442468520220712-EDB 04-2				
				Promedio \bar{x}	146,500
				Desviación estándar S_{n-1}	0,707
				Coefficiente de variación CV	0,483

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
9	180442468520220712-EDB 05-1	20,7	52,5	169	156
10	180442468520220712-EDB 05-2				
				Promedio \bar{x}	162,500
				Desviación estándar S_{n-1}	9,192
				Coefficiente de variación CV	5,657

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición 1	Medición 2
11	180442468520220712-EDB 06-1	20,7	52,8	146	146
12	180442468520220712-EDB 06-2				
				Promedio \bar{x}	146,000
				Desviación estándar S_{n-1}	0,000
				Coefficiente de variación CV	0,000

Observaciones del ensayo: Ninguna



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-EDB.

DATOS DEL CLIENTE

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

Teléfono: +593995072076.

Núm. de cedula/RUC: 1804424685.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS INFORMATIVOS

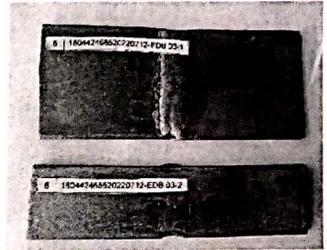
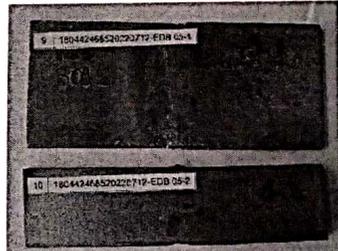
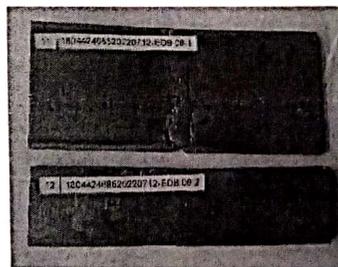
Laboratorio: Análisis Metalográfico

Designación del material: Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores, las identificaciones se realizan en la zona de fusión de la soldadura.

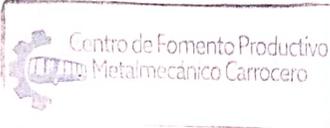
Método de ensayo:

ASTME10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180442468520220712-EDB 01-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	180442468520220712-EDB 01-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	180442468520220712-EDB 02-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	180442468520220712-EDB 02-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
5	180442468520220712-EDB 03-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
6	180442468520220712-EDB 03-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
7	180442468520220712-EDB 04-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
8	180442468520220712-EDB 04-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
9	180442468520220712-EDB 05-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
10	180442468520220712-EDB 05-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
11	180442468520220712-EDB 06-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	
12	180442468520220712-EDB 06-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente.	

Todas las muestras ensayadas de cada grupo por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMCPT no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones del CFPMCPT.
 Cliente	

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-EIM.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.	
Dirección: Techo Propio, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804424685.	Teléfono: +593995072076.
E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size).
Método de ensayo: ASTM E23-18 Métodos de prueba estándar para pruebas de impacto de barra con muescas de materiales metálicos.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Probetas a Ensayar
1	180442468520220712-EIM 01	A Tope	308L	2
2	180442468520220712-EIM 02	A Tope	309L	2
3	180442468520220712-EIM 03	A Tope	316L	2
4	180442468520220712-EIM 04	A Bisel	308L	2
5	180442468520220712-EIM 05	A Bisel	309L	2
6	180442468520220712-EIM 06	A Bisel	316L	2
			Total	12

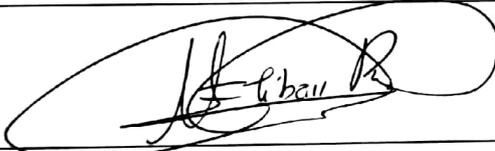
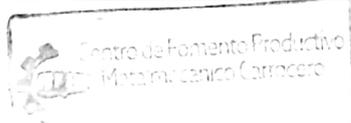
Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y configuración es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO				
No	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Espesor	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180442468520220712-EIM 01-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
2	180442468520220712-EIM 01-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
3	180442468520220712-EIM 02-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
4	180442468520220712-EIM 02-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
5	180442468520220712-EIM 03-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
6	180442468520220712-EIM 03-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
7	180442468520220712-EIM 04-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
8	180442468520220712-EIM 04-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
9	180442468520220712-EIM 05-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
10	180442468520220712-EIM 05-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
11	180442468520220712-EIM 06-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
12	180442468520220712-EIM 06-2	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.
Cliente	

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES ENSAYO DE IMPACTO CHARPY MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°: 180442468520220712-EIM.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2022_013.

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

RUC/C.I.: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

Correo: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM E23-18 Métodos de prueba estándar para pruebas de impacto de barra con muescas de materiales metálicos.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Tipo de probeta: Sub-Size.

Energía utilizada (J): 450.

Tipo de muesca: Entalle en "V".

Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.

Modelo: PIC 450/C

Serie: M152552AR14.

Fecha de Inicio de Ensayo: 2022/07/19.

Fecha de Finalización de Ensayo: 2022/07/19.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en **probetas de material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size)**. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

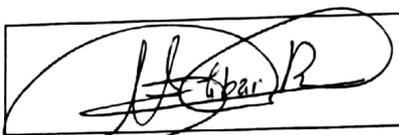
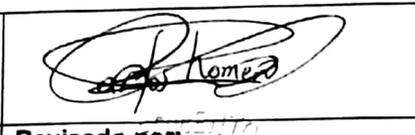
OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Probetas a Ensayar
1	180442468520220712-EIM 01	A Tope	308L	2
2	180442468520220712-EIM 02	A Tope	309L	2
3	180442468520220712-EIM 03	A Tope	316L	2
4	180442468520220712-EIM 04	A Bisel	308L	2
5	180442468520220712-EIM 05	A Bisel	309L	2
6	180442468520220712-EIM 06	A Bisel	316L	2
Total				12

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R.	Revisado por: Ing. David Romero C.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 21 de julio de 2022.
N°. Factura: 001-001-000000029.

Resultados:

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	180442468520220712-EIM 01-1	23,9	45,3	0,806	0,34	0,274	43,55	158,92	100	X	
2	180442468520220712-EIM 01-2	23,9	45,3	0,884	0,574	0,507	86,56	170,59	100	X	
Promedio \bar{x}							65,055	164,75			
Desviación estándar S_{n-1}							30,413	8,25			
Coeficiente de variación CV							46,749	5,01			

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
3	180442468520220712-EIM 02-1	24,1	44,6	0,9	0,341	0,307	43,40	141,41	100	X	
4	180442468520220712-EIM 02-2	24,1	44,6	0,798	0,573	0,457	84,86	185,59	100	X	
Promedio \bar{x}							64,130	163,50			
Desviación estándar S_{n-1}							29,317	31,23			
Coeficiente de variación CV							45,714	19,10			

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
5	180442468520220712-EIM 03-1	23,8	44,1	0,885	0,333	0,295	41,24	139,94	100	X	
6	180442468520220712-EIM 03-2	23,8	44,1	0,815	0,573	0,467	88,49	189,49	100	X	
Promedio \bar{x}							64,865	164,71			
Desviación estándar S_{n-1}							33,411	35,04			
Coeficiente de variación CV							51,508	21,27			

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
7	180442468520220712-EIM 04-1	23,8	44,2	0,79	0,323	0,255	32,87	128,82	100	X	
8	180442468520220712-EIM 04-2	23,8	44,2	0,779	0,601	0,468	70,28	150,11	100	X	
Promedio \bar{x}							51,575	139,46			
Desviación estándar S_{n-1}							26,453	15,06			
Coeficiente de variación CV							51,290	10,80			

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
9	180442468520220712-EIM 05-1	23,6	44,1	0,899	0,334	0,300	48,69	162,16	100	X	
10	180442468520220712-EIM 05-2	23,6	44,1	0,859	0,587	0,504	95,84	190,07	100	X	
Promedio \bar{x}							72,265	176,11			
Desviación estándar S_{n-1}							33,340	19,74			
Coeficiente de variación CV							46,136	11,21			

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Sección Transversal de la Probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de fractura (% de cizallamiento)	Fractura de probeta	
				Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
11	180442468520220712-EIM 06-1	23,5	44,8	0,837	0,329	0,275	47,35	171,95	100	X	
12	180442468520220712-EIM 06-2	23,5	44,8	0,7822	0,593	0,464	81,79	176,33	100	X	
Promedio \bar{x}							64,570	174,14			
Desviación estándar S_{n-1}							24,353	3,10			
Coeficiente de variación CV							37,715	1,78			

Observaciones del ensayo: Ninguna

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-EIM.

DATOS DEL CLIENTE

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

Núm. de cédula/RUC: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS INFORMATIVOS

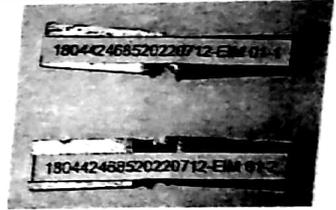
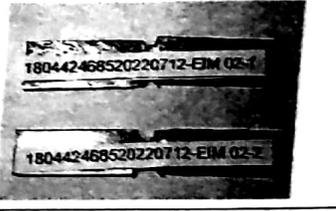
Laboratorio: Resistencia de Materiales.

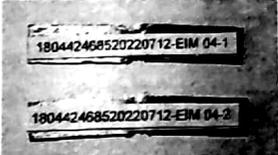
Designación del material:

Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size).

Método de ensayo:

ASTM E23-18 Métodos de prueba estándar para pruebas de impacto de barra con muescas de materiales metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180442468520220712-EIM 01-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180442468520220712-EIM 01-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180442468520220712-EIM 02-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180442468520220712-EIM 02-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
5	180442468520220712-EIM 03-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
6	180442468520220712-EIM 03-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180442468520220712-EIM 04-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180442468520220712-EIM 04-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180442468520220712-EIM 05-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180442468520220712-EIM 05-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180442468520220712-EIM 06-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180442468520220712-EIM 06-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras ensayadas de cada grupo por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMCPT no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.	Cliente



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

Informe N°: 180442468520220712-ERX.

DATOS DEL CLIENTE

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

CI/RUC: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Ensayos no destructivos.

Designación del material:

Material metálico desconocido: Acero Inoxidable.

Método de ensayo: ASTM E1085:2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Descripción del material	Probetas a Ensayar
1	180442468520220712-ERX 01	Metálico desconocido: Acero Inoxidable.	1
Total			1

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, configuración y cantidad es declarada por el cliente.

LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA. ESPECTROMETRÍA POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

INFORME DE RESULTADOS N°: 180442468520220712-ERX.

DATOS GENERALES

N° de proforma: EN_2022_005.

Designación de material: Material metálico desconocido: Acero Inoxidable.

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

RUC/C.I.: 1804424685.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

Teléfono: +593995072076.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

Fecha de Inicio de Ensayo: 15 de julio de 2022.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de **material metálico desconocido: Acero Inoxidable**. El material fue recibido y analizado en el Laboratorio de Ensayos No Destructivos del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

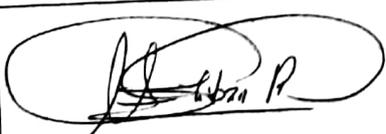
OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Descripción del material	Probetas a Ensayar
1	100441211820220602-ERX 01	Metálico desconocido: Acero Inoxidable.	1
Total			1

Observaciones: Las probetas para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R.	Revisado por: Ing. David Romero C.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 20 de julio de 2022.

N°. Factura: 001-001-000000031.

VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Lugar de Ejecución de verificación: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END)

Dirección: Ambato/Catigлата. Santo Domingo y Río de Janeiro.

Fecha de verificación: 15 de julio de 2022.

Realizado por: Ing. Fernando Tibán.

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C

Serie: 541828

Patrón de calibración: Acero inoxidable 316. OLYMPUS

Serie: 781-419-3900 Analytical Instruments

Código de identificación del patrón de verificación: Waltham, MA 02453

Método de utilizado: Comparación por Fluorescencia de Rayos X (XRF) por energía dispersiva (ED) de Materiales

Resultado de la Verificación: Aceptada.

Temperatura del ensayo: 22,3 °C.

Conteos por segundo: 36486.

Resolución (EV): 146.

Ver: Anexo 1. 07/15/22 #1.

MÉTODO DE ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos (END).

Dirección: Ambato/Catigлата. Santo Domingo y Río de Janeiro.

Código del Informe: 180442468520220712-ERX.

Fecha de Finalización de Ensayo: 15 de julio de 2022.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Método de ensayo: ASTM E1085:2016.- Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

Equipo utilizado: Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C

Serie: 541828

Temperatura del ensayo: 22,2° C

Energía: 40 keV

Precisión: 0,01

Corriente de funcionamiento: 0.2 mA



INFORME ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA. ESPECTROMETRÍA POR FLUORESCENCIA
 DE RAYOS X

Resultados del ensayo:

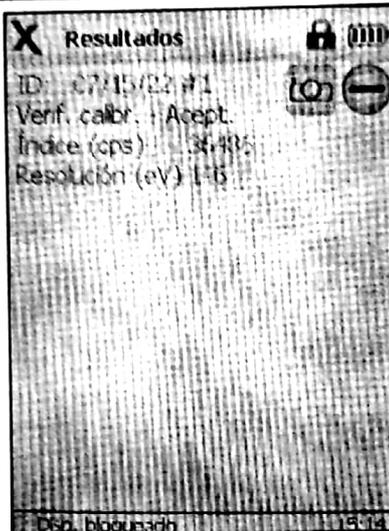
COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA XRF

Probeta	Elementos											Material especificado	Evidencia
		Fe.	Cr.	Ni.	Mn.	Co.	Cu.	Mo.	P.	Si.	V.		
180442468520220712- ERX 01	% Contenido	71,59	16,57	8,64	1,66	0,56	0,27	0,258	0,184	0,163	0,10	*Especificado en la librería de materiales del equipo como: Acero Inoxidable 304 o Acero Inoxidable 321.	Anexo 2 07/15/22 #3.
	+/- Error	0,16	0,11	0,11	0,06	0,08	0,03	0,006	0,005	0,010	0,01		

Nota: El ensayo se desarrolló y ejecutó sin observaciones.

Anexos.

Anexo 1. 06/07/22 #2.



Anexo 2. 07/15/22 #3.

X Res.-Aleación sup.

07/15/22 #3
34.7 sec

321.N.C: 3.8
304.N.C: 3.8

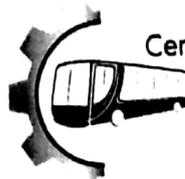
Elem %	±%	Spec (304)
Fe	71.59	0.16 [65.00-74.00]
Cr	16.57	0.11 [18.00-20.00]
Ni	8.64	0.11 [8.00-10.50]
Mn	1.66	0.06 [0.00-2.00]
Co	0.56	0.08 Impurezas [0.60]
Cu	0.27	0.03 [0.00-0.70]
Mo	0.258	0.006 [0.00-0.70]
P	0.184	0.005 [0.00-0.05]
S	0.163	0.010 [0.00-1.00]

X Res.-Aleación sup.

07/15/22 #3
34.7 sec

321.N.C: 3.8
304.N.C: 3.8

Elem %	±%	Spec (304)
Ni	8.64	0.11 [8.00-10.50]
Mn	1.66	0.06 [0.00-2.00]
Co	0.56	0.08 Impurezas [0.60]
Cu	0.27	0.03 [0.00-0.70]
Mo	0.258	0.006 [0.00-0.70]
P	0.184	0.005 [0.00-0.05]
S	0.163	0.010 [0.00-1.00]
V	0.10	0.01 Impurezas [0.15]

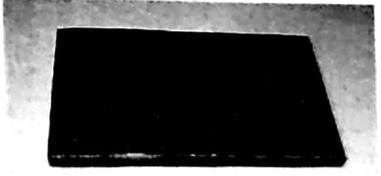


HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

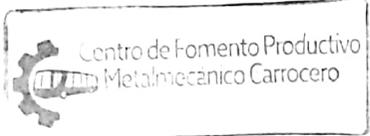
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-ERX.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.	
Dirección: Techo Propio, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804424685.	Teléfono: +593995072076.
E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Ensayos no destructivos.
Designación del material: Material metálico desconocido: Acero Inoxidable.
Método de ensayo: ASTM E1085:2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180442468520220712-ERX 01	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	

La muestra analizada por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMCPT no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de la misma, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.
	
Cliente	

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL

INFORME DE RESULTADOS N°: 180442468520220805-EDB.

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2022_012.

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

RUC/C.I.: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.

Dirección: Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Rio de Janeiro.

Método de ensayo:

ASTM E10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

Equipo utilizado: Durómetro ERNST.

Modelo: NR3D.

Serie: 4651.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Tiempo de duración de la fuerza: 10 s.

Ultima verificación de máquina: CF-AE-AM-RG-003.

Patrón utilizado: PR3. AIMgSiO-10mm 95,4 HB/30 ± 5.

Verificación de la máquina por medio de patrón: 96 HB/30 (ACEPTABLE).

Fecha Inicio de Ensayo: 2022/08/23.

Fecha Finalización de Ensayo: 2022/08/23.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de metálico soldado: Acero AISI 304 con proceso de soldadura GTAW, las indentaciones se realizan en la zona de afectada termicamente (ZAT)*. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación de probetas	Material	Lugar de indentación	Número de indentaciones
1	180442468520220805-EDB 01	AISI 304	ZAT	5
			Total	5

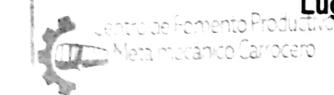
Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Revisado por: Ing. David Romero C. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 23 de agosto de 2022.

N°. Factura: 001-001-000000044.

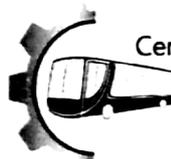


Ministerio de Producción,
Comercio Exterior,
Inversiones y Pesca



Gobierno
Juntos
hacemos
lo logramos

CONSORCIO DE CÁMARAS Y
ASOCIACIONES DE LA PRODUCCIÓN
DE TUNGURAHUA



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero
Provincia de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL HB30	
				Medición	Valor
1	180442468520220805-EDB 01-1	20,1	48,4	Medición 1	163,00
2	180442468520220805-EDB 01-2			Medición 2	156,00
3	180442468520220805-EDB 01-3			Medición 3	163,00
4	180442468520220805-EDB 01-4			Medición 4	156,00
5	180442468520220805-EDB 01-5			Medición 5	158,00
				Promedio \bar{x}	159,200
				Desviación estándar S_{n-1}	3,564
				Coefficiente de variación CV	2,239

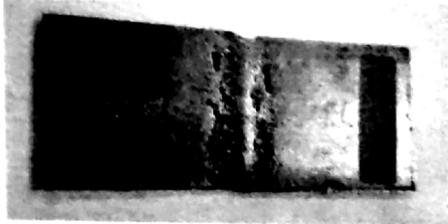
Observaciones del ensayo: Ninguna



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

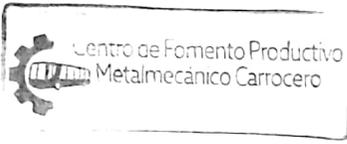
Informe N°: 180442468520220805-EDB.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.	
Dirección: Techo Propio, Ambato.	
Núm. de cedula/RUC: 1804424685.	Teléfono: +593995072076.
E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico soldado: Acero AISI 304 con proceso de soldadura GTAW, las identaciones se realizan en la zona de afectada termicamente (ZAT).
Método de ensayo: ASTME10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180442468520220805-EDB 01-1	2022/08/05	2022/08/24	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	180442468520220805-EDB 01-2	2022/08/05	2022/08/24	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	180442468520220805-EDB 01-3	2022/08/05	2022/08/24	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	180442468520220805-EDB 01-4	2022/08/05	2022/08/24	Cliente	Se entrega al cliente.	
5	180442468520220805-EDB 01-5	2022/08/05	2022/08/24	Cliente	Se entrega al cliente.	

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

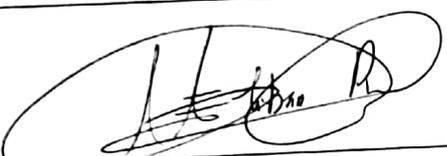
La muestra ensayada por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMCPT no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones del CFPMCPT.
Cliente	

ENSAYO SOLICITADO			
No	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180442468520220805-EDB 01-1	Cumple criterios dimensionales	2022/08/05
2	180442468520220805-EDB 01-2	Cumple criterios dimensionales	2022/08/05
3	180442468520220805-EDB 01-3	Cumple criterios dimensionales	2022/08/05
4	180442468520220805-EDB 01-4	Cumple criterios dimensionales	2022/08/05
5	180442468520220805-EDB 01-5	Cumple criterios dimensionales	2022/08/05

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.
 Cliente	

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220805-EDB.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.	
Dirección: Techo Propio, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804424685.	Teléfono: +593995072076.
E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material metálico soldado: Acero AISI 304 con proceso de soldadura GTAW, las identaciones se realizan en la zona de afectada termicamente (ZAT).
Método de ensayo: ASTME10-2018.- Método de prueba estándar para la dureza Brinell de materiales metálicos.

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de probetas	Material	Lugar de indentación	Número de indentaciones
1	180442468520220805-EDB 01	AISI 304	ZAT	5
			Total	5

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, configuración y cantidad es declarada por el cliente.

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-ETM.

DATOS DEL CLIENTE

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

Núm. de cédula/RUC: 1804424685. Teléfono: +593995072076.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size Specimen).

Método de ensayo:
ASTM E8/E8M-21 Métodos de prueba estándar para pruebas de tensión de materiales metálicos.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Probetas a Ensayar
1	180442468520220712-ETM 01	A Tope	308L	4
2	180442468520220712-ETM 02	A Tope	309L	4
3	180442468520220712-ETM 03	A Tope	316L	4
4	180442468520220712-ETM 04	A Bisel	308L	4
5	180442468520220712-ETM 05	A Bisel	309L	4
6	180442468520220712-ETM 06	A Bisel	316L	4
			Total	24

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y configuración es declarada por el cliente.

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Código: CF-AE-RM-RG-001
Fecha de Elaboración: 2016-07-06
Fecha de última aprobación: 2022-02-04
Revisión: 4

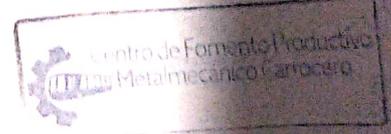
ENSAYO SOLICITADO

No	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Espesor	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180442468520220712-ETM 01-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
2	180442468520220712-ETM 01-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
3	180442468520220712-ETM 01-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
4	180442468520220712-ETM 01-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
5	180442468520220712-ETM 02-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
6	180442468520220712-ETM 02-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
7	180442468520220712-ETM 02-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
8	180442468520220712-ETM 02-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
9	180442468520220712-ETM 03-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
10	180442468520220712-ETM 03-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
11	180442468520220712-ETM 03-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
12	180442468520220712-ETM 03-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
13	180442468520220712-ETM 04-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
14	180442468520220712-ETM 04-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
15	180442468520220712-ETM 04-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
16	180442468520220712-ETM 04-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
17	180442468520220712-ETM 05-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
18	180442468520220712-ETM 05-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
19	180442468520220712-ETM 05-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
20	180442468520220712-ETM 05-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
21	180442468520220712-ETM 06-1	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
22	180442468520220712-ETM 06-2	3 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
23	180442468520220712-ETM 06-3	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12
24	180442468520220712-ETM 06-4	6 mm.	Cumple criterios dimensionales	2022/07/12

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.
 Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS SOLDADOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180442468520220712-ETM.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2022_013.
 Empresa/Cientes: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.
 RUC/C.I.: 1804424685.
 Dirección: Techo Propio, Ambato. Teléfono: +593995072076.
 Correo: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
 Dirección: Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Rio de Janeiro.
 Métodos de ensayo: ASTM E8/E8M-21 Métodos de prueba estándar para pruebas de tensión de materiales metálicos.
 Tipo de ensayo: Cuantitativo. Tipo de probeta: Plana.
 Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
 Modelo: STH-1500 S/C. Serie: 8802M001.
 Velocidad de ensayo: 5 mm/min. Precarga: 3000 N.
 Fecha de Inicio de Ensayo: 2022/07/13. Fecha de Finalización de Ensayo: 2022/07/14.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size Specimen)*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

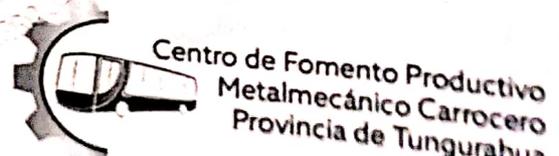
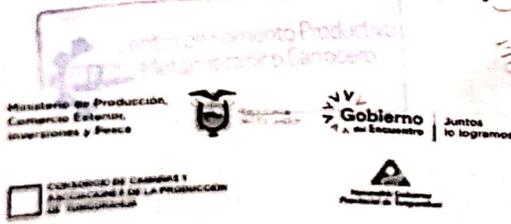
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Tipo de soldadura	Material de aporte	Probetas a Ensayar
1	180442468520220712-ETM 01-1	A Tope	308L	4
2	180442468520220712-ETM 01-2	A Tope	309L	4
3	180442468520220712-ETM 01-3	A Tope	316L	4
4	180442468520220712-ETM 01-4	A Bisel	308L	4
5	180442468520220712-ETM 01-5	A Bisel	309L	4
6	180442468520220712-ETM 01-6	A Bisel	316L	4
Total				24

Observaciones: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad, configuración y proceso de soldadura es declarada por el cliente.
Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT	Revisado por: Ing. David Romero C. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga MEng. Director Técnico Área de I+D+i CFPMCPT

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 21 de julio de 2022.
 N° de factura: 001-001-000000029.



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
1	180442468520220712-ETM 01-1	19,9	57,5	6,22	2,94	14800,00	12950,00	809,33	708,16	SI
2	180442468520220712-ETM 01-2			6,27	2,91	13500,00	10000,00	739,90	548,07	SI
3	180442468520220712-ETM 01-3			6,63	5,71	22650,00	19350,00	598,30	511,13	SI
4	180442468520220712-ETM 01-4			6,48	5,68	25150,00	13650,00	683,31	370,86	SI
Promedio \bar{X}						19025,000	13987,500	707,708	534,556	
Desviación estándar S_{n-1}						5745,505	3909,257	89,309	138,644	
Coeficiente de variación CV						30,20	27,95	12,62	25,94	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
5	180442468520220712-ETM 02-1	21,2	55,9	6,24	2,91	13700,00	10700,00	754,47	589,26	SI
6	180442468520220712-ETM 02-2			6,24	3,12	16250,00	13950,00	834,67	716,53	SI
7	180442468520220712-ETM 02-3			6,23	5,89	29200,01	24150,00	795,76	658,13	SI
8	180442468520220712-ETM 02-4			6,23	5,63	27750,00	25300,00	791,16	721,31	SI
Promedio \bar{X}						21725,003	18525,000	794,015	671,309	
Desviación estándar S_{n-1}						7885,697	7296,175	32,800	61,783	
Coeficiente de variación CV						36,30	39,39	4,13	9,20	

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS SOLDADOS

Código: CF-AE-RM-RG-044
 Fecha de Elaboración: 2017-03-08
 Fecha de última aprobación: 2022-02-16
 Revisión: 2

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
9	180442468520220712-ETM 03-1	21,6	53,6	6,29	2,99	15850,00	13000,00	842,77	691,23	SI
10	180442468520220712-ETM 03-2			6,58	2,88	13900,00	10950,00	733,49	577,82	SI
11	180442468520220712-ETM 03-3			6,23	5,71	27200,01	22700,00	764,62	638,12	SI
12	180442468520220712-ETM 03-4			6,26	5,63	28050,01	20300,00	795,88	575,99	SI
Promedio \bar{X}						21250,005	16737,500	784,191	620,790	
Desviación estándar S_{n-1}						7412,270	5648,211	46,623	55,122	
Coeficiente de variación CV						34,88	33,75	5,95	8,88	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
13	180442468520220712-ETM 04-1	21,4	54,3	6,23	2,99	12700,00	8900,00	681,78	477,78	SI
14	180442468520220712-ETM 04-2			6,26	2,97	14250,00	10600,00	766,45	570,13	SI
15	180442468520220712-ETM 04-3			6,49	5,76	28100,01	25650,00	751,69	686,15	SI
16	180442468520220712-ETM 04-4			6,58	5,68	25450,00	22200,00	680,95	593,99	SI
Promedio \bar{X}						20125,003	16837,500	720,217	582,014	
Desviación estándar S_{n-1}						7780,374	8333,204	45,268	85,622	
Coeficiente de variación CV						38,66	49,49	6,29	14,71	

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS SOLDADOS

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
17	180442468520220712-ETM 05-1	21,1	54,5	6,21	2,99	13600,00	10650,00	732,45	573,57	SI
18	180442468520220712-ETM 05-2			6,21	2,97	11000,00	8100,00	596,41	439,17	SI
19	180442468520220712-ETM 05-3			6,22	5,72	21550,00	14500,00	605,70	407,55	SI
20	180442468520220712-ETM 05-4			6,19	5,71	23950,00	21700,00	677,61	613,95	SI
Promedio \bar{X}						17525,000	13737,500	653,042	508,561	
Desviación estándar S_{n-1}						6203,829	5924,437	64,179	100,583	
Coeficiente de variación CV						35,40	43,13	9,83	19,78	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza Máxima (N)	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	Rotura dentro de zona soldada
21	180442468520220712-ETM 06-1	18,8	65,7	6,26	2,98	15450,00	12600,00	828,21	675,43	SI
22	180442468520220712-ETM 06-2			6,24	2,97	15350,00	12400,00	828,26	669,08	SI
23	180442468520220712-ETM 06-3			6,28	5,65	27600,01	23450,00	777,86	660,90	SI
24	180442468520220712-ETM 06-4			6,26	5,64	23400,00	18250,00	662,77	516,90	SI
Promedio \bar{X}						20450,003	16675,000	774,274	630,579	
Desviación estándar S_{n-1}						6078,244	5268,222	78,037	76,017	
Coeficiente de variación CV						29,72	31,59	10,08	12,06	

Observaciones del ensayo: Ninguna

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180442468520220712-ETM.

DATOS DEL CLIENTE

Empresa/Cliente: Jonathan Ricardo Pazmiño Chimbana.

Dirección: Techo Propio, Ambato.

Núm. de cédula/RUC: 1804424685.

Teléfono: +593995072076.

E-mail: jonathanjp1994@gmail.com.

DATOS INFORMATIVOS

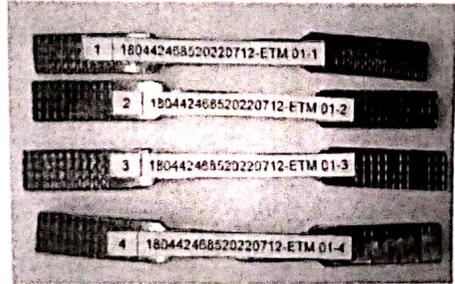
Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:

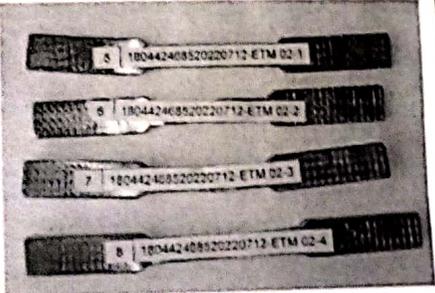
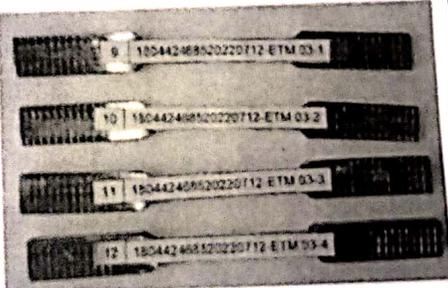
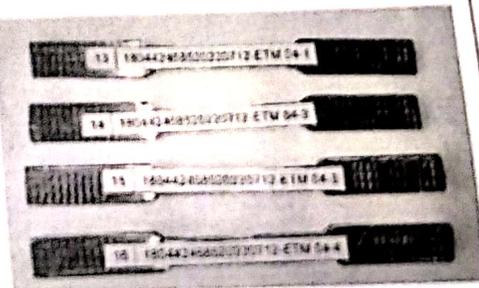
Material metálico soldado: Acero inoxidable con proceso de soldadura GTAW en diferentes espesores (Sub-Size Specimen).

Método de ensayo:

ASTM E8/E8M-21 Métodos de prueba estándar para pruebas de tensión de materiales metálicos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180442468520220712-ETM 01-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180442468520220712-ETM 01-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180442468520220712-ETM 01-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180442468520220712-ETM 01-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
5	180442468520220712-ETM 02-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
6	180442468520220712-ETM 02-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180442468520220712-ETM 02-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180442468520220712-ETM 02-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180442468520220712-ETM 03-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180442468520220712-ETM 03-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180442468520220712-ETM 03-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180442468520220712-ETM 03-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180442468520220712-ETM 04-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180442468520220712-ETM 04-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180442468520220712-ETM 04-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180442468520220712-ETM 04-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	

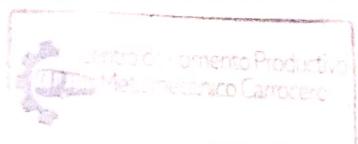


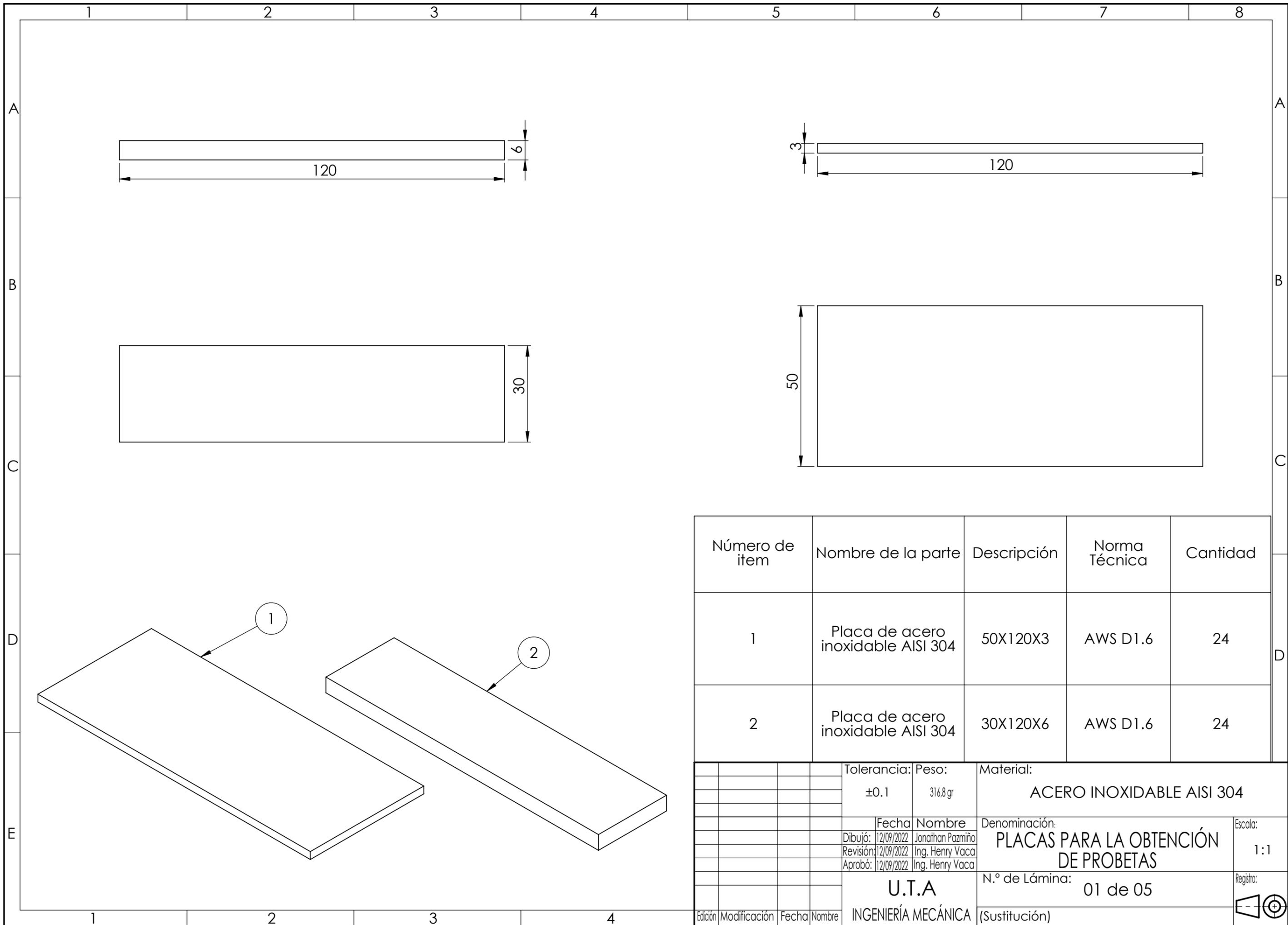
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
17	180442468520220712-ETM 05-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180442468520220712-ETM 05-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180442468520220712-ETM 05-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180442468520220712-ETM 05-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
21	180442468520220712-ETM 06-1	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
22	180442468520220712-ETM 06-2	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
23	180442468520220712-ETM 06-3	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	
24	180442468520220712-ETM 06-4	2022/07/12	2022/07/21	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras ensayadas de cada grupo por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMCPT no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPT.	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Gestor Integral de Operaciones CFPMCPT.	Cliente





Número de ítem	Nombre de la parte	Descripción	Norma Técnica	Cantidad
1	Placa de acero inoxidable AISI 304	50X120X3	AWS D1.6	24
2	Placa de acero inoxidable AISI 304	30X120X6	AWS D1.6	24

Tolerancia: ± 0.1		Peso: 316,8 gr	Material: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
Fecha: 12/09/2022		Nombre: Jonathan Pazmiño	Denominación: PLACAS PARA LA OBTENCIÓN DE PROBETAS	
Revisión: 12/09/2022		Ing. Henry Vaca	Escala: 1:1	
Aprobó: 12/09/2022		Ing. Henry Vaca	N.º de Lámina: 01 de 05	
Edición		Modificación	Fecha	Nombre
U.T.A			Registo:	
INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)	

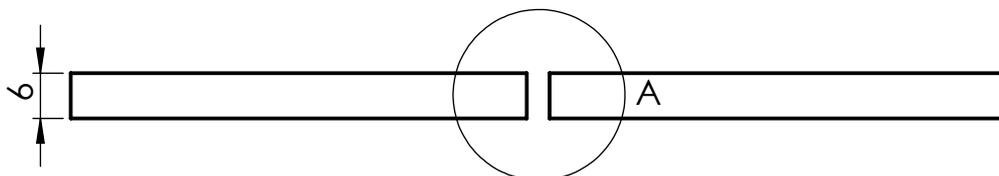
1

2

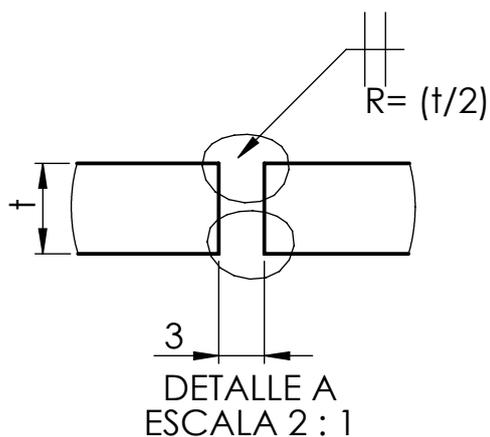
3

4

A

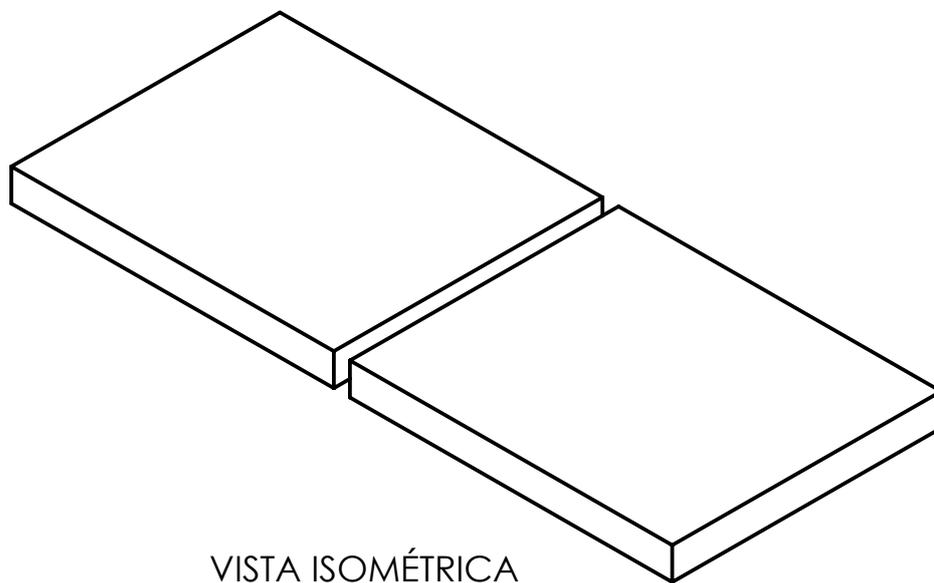


B



C

D



E

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 288 gr	Materiales: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
						Denominación: CUPÓN DE SOLDADURA A TOPE AWS D1.6/D1.6M:2017	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 12/09/2022	Pazmiño Jonathan		
				Rev. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca.		
				Apro. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca		
				U.T.A Ingeniería Mecánica		Número de dibujo: 02 de 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

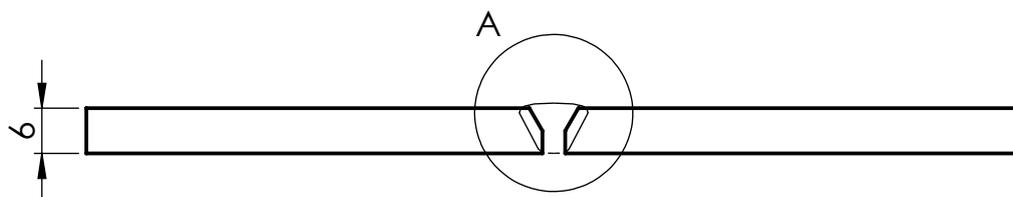
1

2

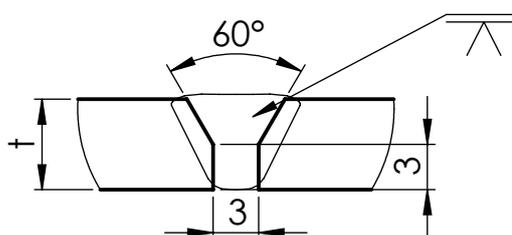
3

4

A



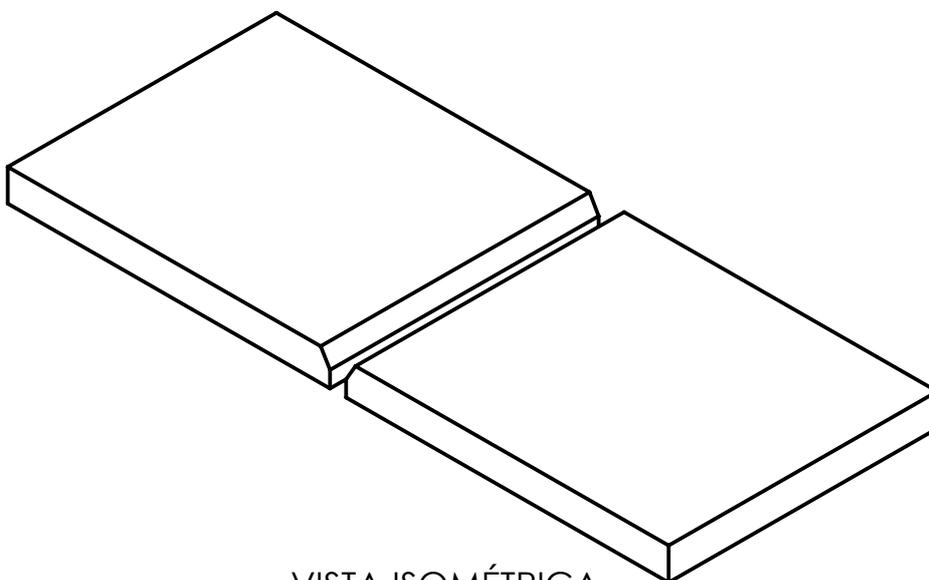
B



C

DETALLE A
ESCALA 2 : 1

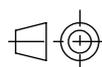
D



E

VISTA ISOMÉTRICA

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 285,92 gr	Materiales: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: CUPÓN DE SOLDADURA A BISEL AWS D1.6/D1.6M:2017
				Dib.	12/09/2022	Pazmiño Jonathan	
				Rev.	12/09/2022	Ing. Henry Vaca.	
				Apro.	12/09/2022	Ing. Henry Vaca	Escala: 1:1
				U.T.A Ingeniería Mecánica				Número de dibujo: 03 de 05
Edición	Modificación	Fecha	Nombre							(Sustitución)



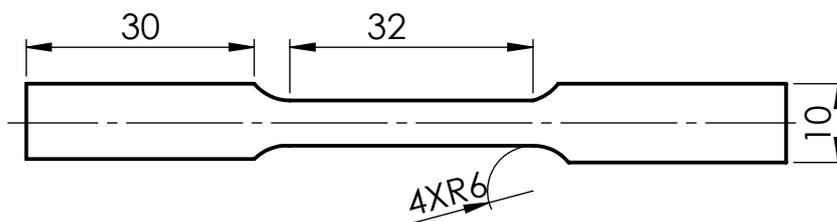
1

2

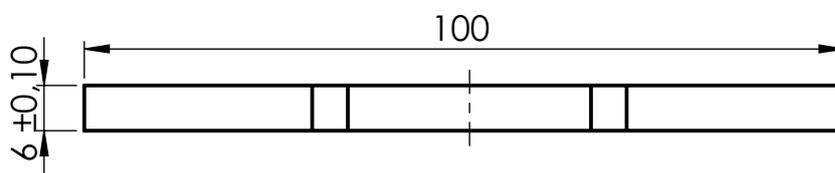
3

4

A

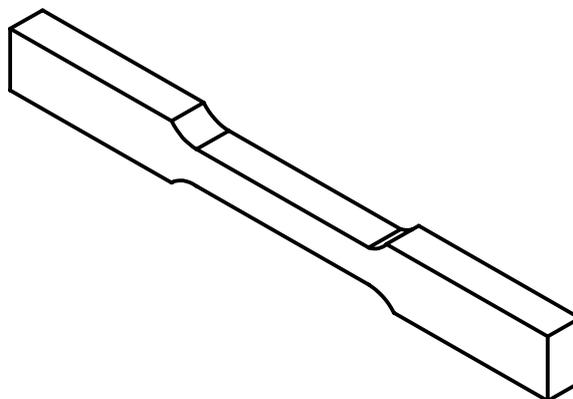


B



C

D



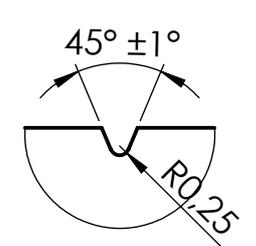
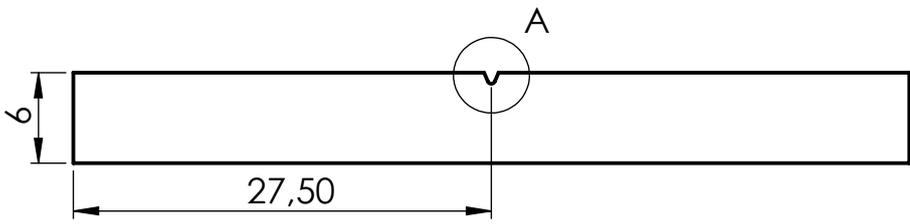
VISTA ISOMÉTRICA

E

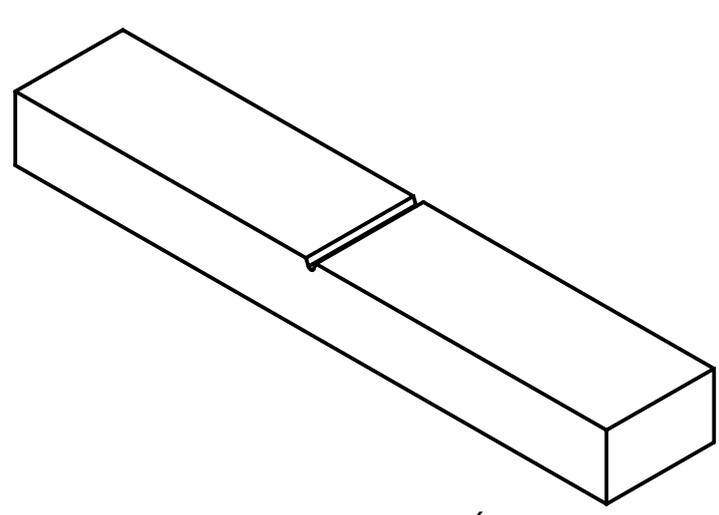
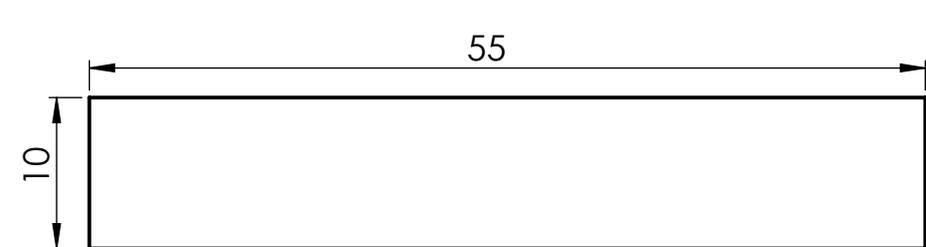
NOTA:

1. 12 probetas para ensayo a tracción de 6 mm de espesor
2. 12 probetas para ensayo a tracción de 3 mm de espesor

				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 5,17 gr	Materiales: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
						Denominación: PROBETA DE TRACCIÓN ASTM E8/M8-a13	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 12/09/2022	Pazmiño Jonathan		
				Rev. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca.		
				Apro. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca		
				U.T.A Ingeniería Mecánica		Número de dibujo: 04 de 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A
ESCALA 5 : 1



VISTA ISOMÉTRICA

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 3,3 gr	Materiales: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación: PROBETA DE IMPACTO ASTM E23-16b	Escala: 2:1
				Dib. 12/09/2022	Pazmiño Jonathan		
				Rev. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca.		
				Apro. 12/09/2022	Ing. Henry Vaca		
				U.T.A Ingeniería Mecánica		Número de dibujo: 05 de 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	