UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación De Autopartes De Vehículos

Evaluación de uniones soldadas de asientos de pasajeros de autobuses interprovinciales y de conformidad de la materia prima para la industria de autopartes nacional.

Edgar Alejandro Ortiz Bautista

Nota del Autor
Edgar Ortiz, Maestría en Diseño Mecánico,
Universidad Internacional SEK.
Director: Ing. Paolo Salazar, M.Sc,
Codirector: Ing. Esteban López MEng
Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
eortiz.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Edgar Alejandro Ortiz Bautista, con cédula de identidad 0503491995, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad internacional SEK, según lo establecido por la Ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente. El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico y a la línea de investigación Eficiencia Impacto Ambiental en la industria a fin a la Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

Edgar Ortiz

CI: 0503491995

Índice de Contenido

Declaración Juramentada……2
Índice de Contenido……3
Índice de tablas……5
Índice de Figuras…….. 7
Resumen…….....11
Abstract…….12
Introducción……..13
Antecedentes…….13
Justificación……..15
Hipótesis……15
Objetivo general……16
Objetivos específicos 16
Estudio del arte……..17
Aceros utilizados en la industria carrocera……...17
Aceros utilizados en la fabricación de asientos de pasajeros de buses interprovinciales ……18
Normativa ASTM.....18
Acero ASTM A36 19
Acero ASTM A500 20
Aceros al Carbono.....21
Ensayos y normas para analizar la materia prima y las uniones soldadas.……...22
Normas y ensayos para la validación de la materia prima. 22
NTE INEN ISO 6506-1.....22
Procesos de soldadura. 26
Soldadura MIG. 28
Posiciones para soldadura 30
Tipos de uniones soldadas. 31
Cordón de soldadura. 32
Material de Aporte AWS ER 70S-6.....33
Ensayos y normas para analizar las uniones soldadas.…… 35
Ensayo de dureza Vickers NTE INEN ISO 6507-1 35
Ensayo de macrografía en el proceso MIG 38
Ensayo de tracción NTE INEN-ISO 6892-1 42
Método……..46
Materia prima.…….. 46
Normas aplicadas para el estudio de la materia prima……. 49

Norma NTE INEN ISO 6506-1 49
Norma NTE INEN ISO 2224 49
Norma NTE INEN ISO 2215 50
Norma NTE INEN ISO 2234 50
Norma NTE INEN ISO 2222 50
Norma NTE INEN ISO 2415 50
Norma NTE INEN ISO 2470 51
Norma del material ASTM A 36 51
Norma del material ASTM A 500 51
Norma del material Acero al carbono 52
Equipos utilizados para ensayos mecánicos de la materia prima. 52
Uniones soldadas 53
Registro de calificación de desempeño del soldador (WPQ) 55
Dimensiones de las probetas 56
AWS B1.1. 58
Ensayos de Tracción 59
Ensayos de Macrografía 59
Ensayos de Dureza Vickers 60
Simulación computacional 61
Resultados 62
Conformidad de la materia prima 62
Ensayos de Dureza Brinell 62
Resultado del Anclaje resortes T 63
Resultado del refuerzo espaldar platina 63
Resultado de la Base cojín plancha 64
Resultado del Anclaje asiento al piso 64
Resultado de tubo base cuadrado posterior y frontal 65
Resultado de tubo cuadrado base frontal 66
Resultado de Platina grande de chupete 66
Resultado de Platina 67
Resultado de Angulo anclaje 67
Resultado de tubo redondo apoya pies 68
Resultado de Soporte espaldar base 68
Resultado de Soporte espaldar base 69
Resultado de Varilla eje izquierdo o derecho 69
Resultado de Varilla lisa refuerzo espaldar 70
Resultado de Soporte anclaje 70
Validación de las uniones soldadas 71
Ensayo de dureza en las uniones soldadas 71
Ensayo de macrografía en uniones soldadas. 72

Ensayos de tracción en las uniones soldadas. 73
Resultados Ensayo de Tracción 74
Resultados simulación computacional 78
Análisis y discusión de resultados….82
Conclusiones….90
Recomendaciones....92
Referencias….93
Anexos…...98
Anexo 1. Tabla comparativa de durezas 98
Anexo 2. Registro de calificación de soldador WPQ....99
Anexo 3: Pruebas mecánicas, ensayo de dureza Brinell en la materia prima 100
Anexo 4. Informe ensayos a tracción, en probetas soldadas ASTM A500 Y A36 110
Anexo 5. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A36.113
Anexo 6. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A36.115
Anexo 7. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A500....117
Anexo 9. Informe ensayos Macrografía, en uniones soldadas en ASTM A500 122
Anexo 10. Dimensiones de probeta para ensayos a tracción 124
Anexo 11. Ficha de materia prima A36 125
Anexo 12. Propiedades mecánicas del Acero ASTMA A36 127
Anexo 13. Especificaciones del Acero ASTM A36 Y ASTM A500....128

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros para Construcción de carrocerías.....17
Tabla 2. Descripción de materiales.....18
Tabla 3. La composición química según la norma ASTM A36 19
Tabla 4. Propiedades mecánicas según la norma ASTM A36....19
Tabla 5. Composición química del Acero ASTM A500....20
Tabla 6.Propiedades Mecánicas Requeridas por ASTM A500 20
Tabla 7. Tipos de acero al carbono 21
Tabla 8. Símbolos y abreviaturas dureza Brinell 23
Tabla 9. Valores de dureza Brinell 23
Tabla 10. Registro de ensayos Brinell acero ASTM A36, A514 Y A517 24
Tabla 11. Resultados de ensayos Dureza Brinell. Probetas 1 A y 5 A: centros de caras exteriores del cubo de fundición Probeta 3 A: centro térmico del cubo de fundición....25

Tabla 12.Resultados de ensayos de dureza Brinell de fundiciones. Carga 1839N, esfera de 2,5 mm 25
Tabla 13.Valores del ensayo de dureza del MBN.....26
Tabla 14. Rangos de fuerzas de ensayos.....35
Tabla 15. Valores de dureza Vickers de los aceros F,G y E de partida 37
Tabla 16. Valores del ensayo de tracción de las probetas TSN Y TSI 42
Tabla 17. Tabla de valores de Fuerzas y cargas de las probetas.....43
Tabla 18. Resultados de ensayos del soporte anclaje 44
Tabla 19. Resultados de ensayos del tubo cuadrado base frontal 44
Tabla 20. Ensayos de Tracción Acero ASTM A36, A514 y A517.....45
Tabla 21.Elementos que conforman la estructura de un asiento de bus interprovincial 47
Tabla 22. Tabla de símbolos y abreviaturas de las norma NTE INEN ISO 6506-1 48
Tabla 23.Probetas para ensayo de tensión 57
Tabla 24.Resultados ensayo de Dureza Brinell de la Base cojín posterior, Angulo corredizo.....63
Tabla 25.Resultado ensayo de Dureza Brinell del Anclaje resortes T.....63
Tabla 26.Resultado ensayo de Dureza Brinell del refuerzo espaldar platina 64
Tabla 27.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Base cojín plancha.....64
Tabla 28.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Anclaje asiento piso.....65
Tabla 29.Resultado ensayo de Dureza Brinell Tubo base cuadrado posterior y frontal.....65
Tabla 30.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Tubo cuadrado base frontal 66
Tabla 31.Resultado ensayo de Dureza Brinell de platina grande de chupete 66
Tabla 32. Resultado ensayo de Dureza Brinell de Platina.....67
Tabla 33.Resultado ensayo de Dureza Brinell de ángulo anclaje.....67
Tabla 34. Resultado ensayo de Dureza Brinell de Tubo redondeo apoya pies.....68
Tabla 35. Resultado ensayo de Dureza Brinell de Soporte espladar y base 68
Tabla 36.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Conexión espaldar 69
Tabla 37.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Varilla eje izquierdo o derecho.....69
Tabla 38.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Varilla lisa refuerzo espaldar.....70
Tabla 39.Resultado ensayo de Dureza Brinell de Soporte anclaje 70
Tabla 40. Registro de medición de ensayo de dureza Vickers en las uniones soldadas de un material base *ASTM A 500*.....71

Tabla 41Imagen de uniones soldadas para la medici´n de dureza Vickers en un material ASTM A500.....72
Tabla 42. Macrografía de las probetas ASTM A500.....73
Tabla 43.Ensayos de Tracción Acero *ASTM A500,* en un proceso de soldadura MIG.....74
Tabla 44.Ensayos de Tracción Acero ASTM A500, en un proceso de soldadura MIG.....75
Tabla 45.Ensayos de Tracción Acero ASTM A36, en un proceso de soldadura MIG.....75
Tabla 46.Gráficas de carga y Fuerza del ensayo a tracción de las probetas de uniones soldadas .75
Tabla 47.Resumen de valores máximos y valores mínimos de tensión obtenidos en software...861
Tabla 48. Resultado de dureza Brinell de un material ASTM A36
…….....…863
Tabla 49. Valores de dureza Brinell y Dureza Vickers de un material ASTM A500
……..865
Tabla 50. Resultado de dureza Brinell de un material ASTM A500 y Acero al carbono ……86

Índice de Figuras

Figura 1. Principio de ensayo de dureza Brinell (INEN, 2014).....23
Figura 2. Soldeo por arco con gas de protección (ELECTRIC, 2016) 27
Figura 3. Equipo MIG (INDURA, 2007).....30
Figura 4. Posición de soldadura (INDURA,2007).....31
Figura 5. Tipos de uniones soldadas (INDURA, 2007).....32
Figura 6. Tipos de uniones soldadas según su geometría (INDURA, 2007).....32
Figura 7. Partes principales de un cordón de soldadura (INDURA. S.A. 2007). 33
Figura 8. Características de ER-70S-6 (INDURA. S.A.2007). 34
Figura 9. Principio de ensayo dureza Vickers (INEN, NTE INEN ISO 6507-1, 2014). 35
Figura 10. Perfil de dureza de un acero ASTM A36 soldado mediante SMAW (Melgarejo Mónica, 2013).....36
Figura 11. Perfil de microdureza típico de la unión soldada de AA6261-T5 (Amú Maribel,2009).....37
Figura 12. Identificación de zonas para ensayo (González De León,2008). 38
Figura 13. Micrografía del material base Acero SA-516-70 (González De León,2008).....39

Figura 14. Micrografía del cordón de soldadura electrodo AWS E-7018 (González De León,2008). 39
Figura 15. Macroataque de las juntas a tope directo con bisel en V (Melgarejo Mónica,2013). ..40
Figura 16. Macroataque a la ZAC con evidencia de grieta (Melgarejo Mónica,2013). 40
Figura 17. Perfil de las zonas microestructurales en las que se divide la junta soldada (Melgarejo Mónica, 2013). 41
Figura 18. Probeta sometida a macroscopía óptica (Aingla Crisitian,2019). 41
Figura 19. Diagrama de carga de las dos probetas de un material base ASTM A 36. 43
Figura 20. Pasos para análisis de la materia prima 46
Figura 21. Elementos de la estructura de un asiento de pasajero de un bus interprovincial (Masaquiza,2019)....48
Figura 22. Principio de la prueba de dureza Brinell (NTE INEN ISO 6506-1,2014)....49
Figura 23. Durómetro ERNST Modelo:NR3 DR Serie:4651 (Laboratorio CFPMC) 53
Figura 24. Pasos para análisis de las uniones soldadas....53
Figura 25. Estructura de asiento interprovincial (IMEISA). 54
Figura 26. Especificación de soldadura (IMEISA). 54
Figura 27. Subconjunto base asiento (IMEISA) 55
Figura 28. Probeta para ensayo de tracción del acero ASTM A-500 (ISO 6892-1:2009)....56
Figura 29. Dimensiones para realizar los ensayos de tracción utilizando la norma AWS B4.0 57
Figura 30. Dimensiones y especificaciones para realizar los ensayos de tracción aplicando la norma AWS B4.0....58
Figura 31. Máquina de ensayos universal Metrotest (CFPMC) 59
Figura 32. Equipo estereomicroscopico OLYMPUS SZ61TR (CFPMC)....60
Figura 33. Micro-durómetro FUTURE TECH FM 800 (CFPMC)....61
Figura 34. Simulacion de la probeta 1 del acero ASTM A36....78
Figura 35. Simulacion de la probeta 2 del acero ASTM A36....79
Figura 36. Simulacion de la probeta 1 del acero ASTM A500....79
Figura 37. Simulacion de la probeta 2 del acero ASTM A500....80
Figura 38. Simulacion de la probeta 3 del acero ASTM A500....81
Figura 39. Simulacion de la probeta 4 del acero ASTM A500....81

Abreviaturas Técnicas

Siglas	Significado	Traducción
ANT		Agencia Nacional de Tránsito
ANSI	American National Standards Institute	Instituto Nacional Americano de Normas
API	American Petroleum Institute	Instituto Americano del Petróleo
ASME	American Society of Mechanical Engineers	Sociedad americana de Ingenieros mecánicos
AWS	American Welding Society	Sociedad Americana de Soldadura
ASTN	American Society For Nondestructive Testing	Sociedad Americana para Pruebas No Destructivas
ASTM	The society for Testing and Materials	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
CFPMC		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.
CANFAC		Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías
CWI	Certified Welding Inspector	Inspector de soldadura certificado
CAWI	Certified Associate Welding Inspector	Inspector Asociado de Soldadura Certificado
DCEP		Polaridad corriente continua electrodo al positivo
ED	Destructive Testing	Ensayos Destructivos
ESW	Elctrode Slag Welding	Soldadura por Electro Escoria
EGW	Electrodo Gas Welding	Soldadura por Electro Gas
EPP		Equipo de protección personal
FCAW	Flux Cored Arc Welding	Soldadura por Arco con Electrodo Tubular con Núcleo Fundente
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding	Soldadura por Arco con Electrodo de Tungsteno y Gas protector
GMAW	Gas Metal Arc Welding	Soldadura de Arco Gas Metal
ISO	Internacional Organization for Standarization	Organización Internacional para la Normalización
NDT	Nondestructive Testing	Ensayos No destructivos
NTE		Norma técnica Ecuatoriana
MIG/MAG	Metal Inert Gas/ Metal Active Gas	Soldadura de metal con Gas inerte / Soldadura de metal con gas activo

MIPRO		Ministerio de Industria y Productividad
OFW	Oxi-Fuel Welding	Soldadura Oxi-Corte
PAW	Plasma Arc Welding	Soldadura por Arco de Plasma
RTE		Reglamento Técnico Ecuatoriano
SAE	The Society of Automotive Engineers	Sociedad de Ingenieros Automotrices
TP		ensayos de tintas penetrantes
WPQ	Welding Performance Qualification	Calificación de Habilidades del soldador
WPS	Welding Procedure Specification	Especificación del Procedimiento de Soldadura
SMAW	Shilded metal Arc Welding	Soldadura por Arco con Electrodo Revestido

Fuente: Recopilación varios Autores

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar la conformidad de la materia prima y las uniones soldadas de los asientos de pasajeros de autobuses interprovinciales en la industria nacional, mediante ensayos mecánicos en los materiales metálicos mediante probetas las mismas que se regirán a normativas naciones e internacionales para su fabricación y posterior ser ensayadas bajo normas INEN e ISO. Se identificaron 16 elementos que forman la estructura del asiento de pasajeros de autobuses interprovinciales, estos elementos tienen 3 tipos de aceros como el ASTM A36, ASTM A500 Y aceros al carbono, los mismos que se rigen a normas de producto como la INEN 2224, INEN 2215, INEN 2234, INEN 2222, INEN 2415 y INEN 2470 las que establecen los requisitos dimensionales que deben cumplir la materia prima. Para la conformidad de estos 16 elementos estructurales se va a realizar ensayos de dureza Brinell bajo la norma NTE INEN ISO 6506-1. Para el estudio de las uniones soldadas se tomó en cuenta el material base o materia prima, el proceso por el cual se va a realizar la soldadura, el material de aporte de la soldadura, el registro de calificación de la persona que va a realizar el proceso de soldeo (WPQ), las posiciones de soldadura y tipos de uniones de soldadura, con lo mencionado se buscó que las probetas fabricadas para los ensayos mecánicos logren cumplir y satisfacer el proceso de validación de las uniones soldadas. Dentro de la fabricación de las probetas se tomó referencias a las normas AWS D 1.1, AWS D 1.3, en los ensayos mecánicos de las uniones soldadas se tomó como referencia las normas NTE INEN-ISO 6507-1 que se utilizó para establecer la dureza Vickers, NTE INEN ISO 6892-1 que se utilizó para obtener los ensayos a tracción y la norma ISO 17639:2003 que detalla para el examen macroscópico de las uniones soldadas. Los beneficios de esta investigación recaen; en la validación de la materia prima y las uniones soldadas de las estructuras de los asientos, para garantizar la seguridad y el confort de los pasajeros, sin dejar de lado la contribución a la industria autopartista en la fabricación de sus productos, con ello tratar de competir con mercados extranjeros y sobre todo aportar estudios a las normativas ecuatorianas ya que no se tiene lineamientos específicos en la manufactura de asientos de trasporte de buses.

Palabras claves: asientos autobuses, materia prima y uniones soldadas.

Abstract

The purpose of this project is to study the conformity of the raw material and welded joints of passenger seats of interprovincial buses in the national industry, by means of mechanical tests on metallic materials using probes that will be governed by national and international regulations for its manufacture and later be tested under INEN and ISO standards. 16 elements that form the interprovincial bus passenger seat structure were identified, these elements have 3 types of steels such as ASTM A36, ASTM A500 and carbon steels, which are governed by product standards such as INEN 2224, INEN 2215, INEN 2234, INEN 2222, INEN 2415 and INEN 2470 the restrictions that require the dimensional requirements that the raw material must meet. For the compliance of these 16 structural elements, Brinell hardness tests will be carried out under the NTE INEN ISO 6506-1 standard. For the study of welded joints, the base material or raw material, the process by which the welding is going to be carried out, the welding contribution material, the qualification record of the person who is going to perform the welding is required Welding process (WPQ), welding positions and types of welding joints, with the aforementioned it was sought that probes manufactured for mechanical tests achieve and receive the validation process of welded joints. Within the manufacture of the probes, references are obtained to the AWS D 1.1, AWS D 1.3 standards, in the mechanical tests of the welded joints, the NTE INEN-ISO 6507-1 standards found to establish the Vickers hardness are used as reference, NTE INEN ISO 6892-1 that is analyzed for tensile tests and ISO 17639: 2003 detailing for the macroscopic examination of welded joints. The benefits of this research lie; in the validation of the raw material and welded joints of the seat structures, to confirm the safety and comfort of passengers, without neglecting the contribution to the auto parts industry in the manufacture of their products, thereby trying to compete with foreign markets and especially contribute studies to Ecuadorian regulations since there are no specific guidelines in the manufacture of bus transport seats.

Keywords: bus seats, raw material and welded joints.

Introducción

Antecedentes

En Ecuador 54 compañías que se dedican a la fabricación de carrocerías, fueron homologadas por la Agencia nacional de Transito. Estas empresas emplean a más de 15000 personas, las mismas que cumplen homologaciones para la producción de las cabinas de buses urbanos, escolares e interprovinciales. Según la ANT y la Cámara Nacional de Fabricantes Carroceros (Lideres, 2015).

Según la Cámara Nacional de Fabricantes Carroceros la capacidad de producción instalada está siendo utilizada en un 60 % con lo cual se produce 127 carrocerías mensualmente, de los cuales 62 unidades son buses urbanos, 45 buses interprovinciales, 8 Buses de Turismo y 12 buses escolares (CANFAC, 2014).

El asiento es un componente de gran importancia en la industria automotriz ya que afecta la ergonomía y seguridad de los ocupantes de un vehículo. En el Ecuador las ventas acumuladas hasta el mes de diciembre del año 2014 ascienden a 120 015 unidades, las cuales debieron haber cumplido protocolos de ensayo que avalen a cada uno de sus componentes. Argentina y Colombia son países que cuentan con una normativa de homologación para asientos de vehículo. Sin embargo, en países como Ecuador hace falta plantear un protocolo de ensayos para avalar asientos automotrices. La selección adecuada de estas normas permitiría implementar estos procesos en países como Ecuador. La normativa internacional tomada en cuenta para la homologación de asientos automotrices incluye la norma colombiana NTC 3638 y el reglamento europeo ECE R17 (Cristian Alejandro Paredes Gordillo, 2015).

En esta regla técnica ecuatoriana establece los requisitos que deben efectuar los vehículos de transportación de pasajeros urbanos e interprovinciales con el fin de sobre guardar la vida de las personas, y prevenir las prácticas engañosas que puedan provocar errores de los fabricantes (Normalización S. E., NTE INEN 1668, 2014).

Es importante mencionar que la norma establece los exigencias que debe cumplir un bus de transportación urbana, que cumpla un nivel de seguridad y comodidad para el pasajero, con un diseño encaminado y diseñado ergonómicamente (Normalización S. E., NTE INEN 2 205:2010, 2010).

En esta Norma Mundial puntualiza los requisitos generales para la competitividad de la realización de los ensayos, además de las calibraciones de equipos, incluyendo el muestreo. perfeccionados por laboratorios especializados (Normalización S. E., NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006, 2014).

En esta Normativa a nivel Internacional se narra las certificaciones de productos, técnicas o servicios, muchas de sus disposiciones también pueden ser útiles en las instrucciones de evaluaciones para la aprobación de productos (INTERNACIONAL, 2012).

Dentro del mercado nacional de fabricantes de carrocerías y sus auto partes en su materia prima utilizan aceros principalmente *ASTM A36* que vienen el sello de calidad *INEN 2415* para perfiles, los mismos que según su forma, sección transversal y otras características técnicas pueden ser soldados mediante uniones del tipo escuadra, filete, bordes dobles o sencillos, los mismos que para nuestro estudio serán sometidos a diversos ensayos mecánicos para la validación propuesta de la materia prima de los asientos de pasajeros de autobuses.

Justificación

La industria autopartista en la línea de autobuses propone la implementación de procesos normalizados para la manufacturación de asientos de pasajeros, así también como su validación y certificaciones de su materia prima regidas por las normas naciones e internacionales. Con lo propuesto se puede validar la fabricación de asientos de alta calidad y seguridad. Además, se da un enfoque en los ensayos mecánicos para la conformidad de la materia prima de materiales metálicos utilizados en la fabricación de asientos de pasajeros de autobuses, para cumplir con las especificaciones de los proveedores de la materia prima, que para el caso de estudio trata de la norma INEN 2415 que especifican para tuberías soldadas en estudios de estructura (INEN, NTE INEN 2415, 2016).

Se debe recalcar que las normas establecidas para la fabricación de asientos de pasajeros de autobuses no están completamente definidas en su procedimiento, peor aún en la validación de uniones soldadas en los asientos de pasajeros de autobuses en la industria ecuatoriana. El Instituto ecuatoriano de normalización INEN instituye las obligaciones que debe tener un autobús de transporte urbano, para que proporcione seguridad y bienestar a los usuarios (NTE INEN 2 205:2010).

En la normativa INEN de transportación publica de buses urbanos e interprovinciales, establece las reglas de seguridad para personas, medio ambiente y propiedad privada, para advertir engaños desde su fabricación hasta los pasajeros (NTE INEN 1668:2014).

Hipótesis

Conjuntamente con el centro de fomento productivo metalmecánico carrocero de Tungurahua se planteó el estudio de la “Evaluación de uniones soldadas de asientos de pasajeros de autobuses interprovinciales y de conformidad de la materia prima para la industria de autopartes nacional”,

con este estudio se pretende establecer requisitos para una mayor seguridad y confortabilidad para la vida de las personas que utilizan el transporte público. Sobre todo, aportar a una a la industria nacional para que cada uno de sus procesos estén enfocados y validados acorde a los procesos de manufactura.

Objetivo general

Evaluar las uniones soldadas de asientos de autobuses de la industria nacional con análisis mecánicos y la conformidad de su materia prima, para validarse la fabricación dentro del mercado de autopartes nacional de autobuses.

Objetivos específicos

1. Realizar ensayos mecánicos a la materia prima de los asientos de pasajeros de autobuses para que las propiedades mecánicas brindadas por el fabricante sean validadas sujetándose a la norma INEN 2224/INEN 2215, INEN 2234/INEN 2215, INEN 2222/INEN 2215, INEN 2415/INEN 2215 y INEN 2470, con ensayos de dureza Brinell bajo la norma NTE INEN ISO 6506-1.
2. Efectuar ensayos mecánicos de las uniones soldadas de la estructura de asientos de pasajeros de autobuses sujetándose a las normas ISO 17639:2003, NTE INEN ISO 6892-1 y NTE INEN-ISO 6507-1
3. Ejecutar una comparativa de los resultados de los ensayos a tracción efectuadas en las probetas de los aceros ASTM A36 y el acero ASTM A500 utilizando la norma NTE INEN ISO 6892-1 efectuadas en el CFPMC con una simulación computacional.
4. Interpretación de resultados de ensayos mecánicos de la materia prima y de las uniones soldadas los asientos de pasajeros de autobuses, para su conformidad sujetándose a la normas nacionales e internacionales.

Estudio del arte

Aceros utilizados en la industria carrocera

Según la Validación QA/QC (Quality Assurance/ Quality Control) Del Proceso De Soldadura Por Arco De Metal y Gas GMAW, Utilizado en la Construcción De Estructuras Metálicas y/o Auto Partes Estructurales para Carrocerías de Buses en la Industria Ecuatoriana., formulado el año 2019, en la *Tabla 1* se observa un compendio referente a los parámetros utilizados en la construcción de carrocerías en la industria ecuatoriana.

Tabla 1.
Parámetros para Construcción de Carrocerías

Investigación	Ítem
Aceros utilizados para la estructura de una carrocería metálica	ASTM A36 ASTM A517 ASTM A500
Perfiles de Acero utilizados para una carrocería metálica	Cuadrado Rectangular Redondo T U G Omega Ángulos Platinas Planchas
Norma los ensayos de materiales usados por los proveedores	ASTM INEN AISI SAE JIS
Ensayos ejecutados por los fabricantes de Carrocerías	Tracción Flexión Doblado Soldadura.
Procesos de soldadura Utilizados por estas industrias carroceras	SMAW GMAW
Electrodos utilizados para los procesos de soldadura SMAW y GMAW	Proceso SMAW: E6011 E6013 E7018 Proceso GMAW ER70S-6

Fuente: Icaza, 2019.

Aceros utilizados en la fabricación de asientos de pasajeros de buses interprovinciales

Según la Caracterización metalúrgica de materiales actuales utilizados en la fabricación de asientos y alternativas de sustitución para sistemas de manufactura nacional bajo normas ASTM e INEN, formulado el año 2019, en la *Tabla 2.* Se describe los materiales que compone la estructura de un asiento de pasajeros de buses interprovincial.

Tabla 2.
Descripción de Materiales.

Núm.	Parte	Material	Descripción
1	Base cojín posterior	ASTM A 36	Ángulo
2	Anclaje resortes	ASTM A 36	Perfil T
3	Refuerzo espaldar	ASTM A 36	Platina
4	Base cojín plancha	ASTM A 36	Platina U
5	Anclaje asiento piso	ASTM A 36	Perfil
6	Base posterior y frontal	ASTM A 500	Tubo cuadrado
7	Base frontal	ASTM A 500	Tubo cuadrado
8	Chupete grande	ASTM A 36	Platina
9	Base posterior	ASTM A 36	Platina
10	Anclaje	ASTM A 36	Angulo
11	Apoya pies	Acero al carbono	Tubo redondo
12	Soporte espaldar y base	Acero al carbono	Tubo redondo
13	Conexión espaldar	Acero al carbono	Tubo redondo
14	Eje izquierdo o derecho	ASTM A 36	Varilla
15	Refuerzo espaldar lisa	ASTM A 36	Varilla lisa
16	Anclaje soporte	ASTM A 36	Platina

Fuente: Masaquiza, 2019.

Normativa ASTM

La norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) acogida en el mundo por su eficacia en sus reglamentos técnicos en relación a la ingeniería, donde se establece valores de

las propiedades mecánicas de los aceros: Limite de fluencia, resistencia la tracción y alargamiento u doblado (Masaquiza, 2019).

Acero ASTM A36

En el *Uso de las Normas ASTM en Corporación aceros Arequipa S.A. (2019)*, Las normas ASTM de materiales instituyen valores de las propiedades mecánicas de los aceros:

Límite de fluencia

Resistencia a la tracción

Alargamiento

Doblado

Esta norma abarca productos como barras redondas, lisas, cuadradas, ángulos, tees, platinas, laminas, planchas y vigas. En la Tabla 3. Describe la composición química del acero en mención, además en la Tabla4. Se describe las propiedades mecánicas donde se denota la resistencia a la tracción y su límite de elasticidad.

Tabla 3.
La Composición Química Según la Norma ASTM A36

Elemento Químico	**%**
C	0,26
Si	0,4
P	0,04
S	0,05
MN	0,4-0,9

Fuente: Gamonal, 2019

Tabla 4.

Propiedades Mecánicas Según la Norma ASTM A36

Propiedades Mecánicas	**Unidades**
Resistencia a la Tracción	400-650 MPa
Límite de elasticidad	250MPa
Alargamiento	20%

Fuente: Gamonal, 2019

Dentro de la industria hidrocarburos, uno de los aceros utilizados es el ASTM A36 el mismo que es utilizado para la fabricación de tubería para la transferencia de crudo y algunos de sus derivados, ya que es un acero estructural y tiene buenas propiedades mecánicas. En los años presentes se ha estudiado los aceros, y ha permitido la mejora de sus propiedades de los aceros microaleados convencionales. El progreso en el estudio de los aceros ha concedido ampliar tanto la resistencia a la tracción además la tenacidad con lo cual se ha logrado una disminución de peso en los diseños (Melgarejo Mónica, 2013).

Acero ASTM A500

En el análisis los aceros ASTM 500 son principalmente de una geometría redonda, cuadrada o rectangular, son utilizados para conjuntos estructurales metálicos de gran resistencia.

La composición química y las propiedades mecánicas según los requisitos señalados en la norma ASTM A500, se expresan en la *Tabla 5 y Tabla 6* respectivamente (COLMENA, 2015).

Tabla 5.
Composición química del Acero ASTM A500

ELEMENTO	**% máx**
Carbono	0,27%
Manganeso	1,40%
Fósforo	0,045%
Azufre	0,045%

Fuente: COLMENA:2015

Tabla 6.

Propiedades Mecánicas Requeridas por ASTM A-500

ESFUERZOS	**REDONDOS**	**CUADRADOS Y RECTANGULARES**
Fluencia Fy	3,241 $^{kg}/_{cm^2}$	3,522 $^{kg}/_{cm^2}$
Ultimo Fu	4,348 $^{kg}/_{cm^2}$	4,368 $^{kg}/_{cm^2}$
Elongación en 2”	21%	21%

Fuente: COLMENA:2015

Aceros al Carbono

Los aceros al carbono son los que más se utiliza, contienen especialmente hierro, a alas que se añaden pequeñas cantidades de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio. El monto de carbono presente en los elementos es el que da las propiedades del metal. En la *Tabla 7* se muestra ejemplo de los aceros y alguna de sus características. Los aceros al carbono son en los cuales el carbono es el dispositivo de aleación que controla las propiedades de las aleaciones, teniendo en cuenta que el manganeso no puede sobrepasar de 1.65% y los contenidos tanto de cobre y silicio deben ser menores de 0.60%. Los aceros al carbono se subdividen en los que poseen entre 0.08% y 0.35% de carbono, los aceros al carbono que contienen entre 0.35% y 0.50% de carbono y los que poseen más de 0.50% de carbono. A estos se les conoce como aceros de bajo carbono, aceros de medio carbono y aceros de alto carbono (Ospina Lopez, et al.., 2007).

Tabla 7.
Tipos de Acero al Carbono

Nombre común	% C	Usos	Soldabilidad
Acero de bajo carbono	0,15% máximo	Electrodos para soldaduras, laminas y chapas	Excelente
Acero suave (mild steel)	0,15%-0,30%	Perfiles y barras estructurales laminados	Buena
Acero de medio carbono	0,30%-0,50%	Partes de maquinaria	Poca (precalentar y pos calentar)
Acero de alto carbono	0,50%-1,00%	Resortes, troqueles, rieles de ferrocarril	Poca(Difícil de soldar sino se precalienta y pos calienta adecuadamente)

Fuente: Ospina Lopez, et al.., 2007.

Al mezclar metales con no metales se obtiene aleaciones que son utilizadas en diferentes aplicaciones. El Fe al ser mezclado con otros metales y no metales, mejora sus características mecánicas y químicas. Los elementos más utilizados en las aleaciones son el Silicio, Manganeso, Níquel, Cromo, Molibdeno, Cobre, Vanadio y otros. Muchos de ellos se armonizan con el Carbono en el enfriamiento, creando carburos u otros compuestos, para endurecer el acero (Ramón Cortés, 2004).

Ensayos y normas para analizar la materia prima y las uniones soldadas.

Al realizar un ensayo lo que se busca es determinar las propiedades intrínsecas de un material, con estos resultados se valida la composición mecánica de los materiales para su posterior aplicabilidad dentro de un proceso de manufactura (Icaza, 2019).

Entre los ensayos más relevantes se hallan los siguientes:

- Ensayo de Tracción: mide la ductilidad y resistencia.
- Ensayo de Dureza: permite medir la resistencia del material en las cuales encontramos la Dureza Brinell, Vickers, y Rokwell.
- Ensayo de Impacto: determina la tenacidad de la probeta.
- Ensayo de Doblado: Implanta los comportamientos ante esfuerzos de doblado y flexión de la probeta.
- Análisis microestructural: Examina la disposición y cambio de micro estructuras y establece diferencias entre la zona afectada y el material base.
- Análisis Químico: consiente en medir concentración o cualquier propiedad química.

Normas y ensayos para la validación de la materia prima.

NTE INEN ISO 6506-1

En esta norma se basa en presionar un indentador (esfera de metal duro con diámetro D) contra la superficie de la probeta que va hacer ensayada, posteriormente se remueve la fuerza b y se mide el diámetro de la indentación d en la superficie. Hasta un límite de 650 HBW para los materiales metálicos, en la *Tabla 8* se presenta los símbolos y abreviaturas relacionados en la dureza brinell. En la *Figura 1* se detalla el principio del ensayo.

“La dureza Brinell es proporcional al cociente obtenido de dividir la fuerza de ensayo para el área de la superficie curva de la indentación, se supone que la indentación retiene la forma de la

esfera y el área de su superficie se calcula a partir del diámetro medio de la indentación y del diámetro de la esfera.” (INEN, NTE INEN ISO 6506-1, 2014)

Tabla 8.
Símbolos y Abreviaturas Dureza Brinell.

Símbolo/abreviatura	Designación	Unidad
D	Diámetro de bola	mm
F	Fuerza de ensayo	N
D	Diámetro medio de la indentación $d = \frac{d_1+d_2}{2}$	mm
d_1, d_2	Diámetro de indentación medidos a 90°	mm
H	Profundidad de indentación $h = \frac{D}{2}(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}})$	mm
HBW	Dureza Brinell $= Constante * \frac{Fuerza\ del\ ensayo}{Area\ de\ la\ superficie\ de\ la\ indentación}$ $HBW = 0{,}102 * \frac{2F}{\pi D^2(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}})}$	
$\mathbf{0,102X\ F/D^2}$	Relación fuerza-diámetro	$N/_{mm^2}$

Fuente: INEN, NTE INEN ISO 6506-1:2014

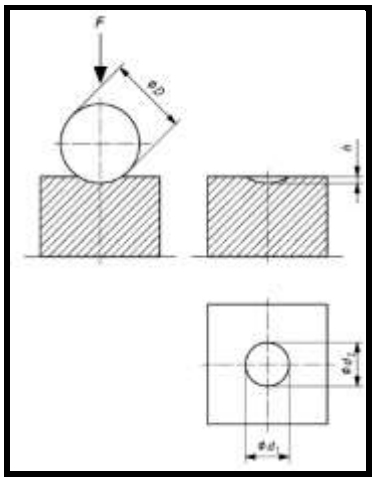


Figura 1. *Principio de ensayo de dureza Brinell (INEN, 2014).*

Los métodos aplicados en los tratamientos térmicos T4y T6 aumentaron significativamente en resistencia a la fluencia, resistencia a la traccion y en la dureza. En la *Tabla 9* se muestran los resultados obtenidos de dureza Brinell en el tratamiento termico T4 tuvo un aumento de 116,2% , mientrasta tanto que con el tratamiento termico T6 tuvo un aumento de dureza en un 235,1% en relacion con la valores iniciales. (Pereira Juan, 2010).

Tabla 9.
Valores de Dureza Brinell

	Dureza Brinell Estandar (HBN)	
Condición	Promedio	Desviación
O	29,6	0,40
T4	64,0	3,74
T6	99,2	2,49

Fuente: Pereira Juan. 2010

En la medicion de dureza Brinell se utilizó el mismo penetrador en las zonas definidas de los materiales a ensayarse con el objetivo de tener un patrón geometricamente igual y poder tener una comparativa de dureza y poder estimar la resitencia del material en las zonas fundidas (ZF), Zonas afectadas termicamente (ZAT), Limite entre ZF y ZAT (ZF/ZAT) y la materia prima o material base con sus posibles afectaciones (MB) Los datos obtenidos se describen en la *Tabla 10* (Icaza, 2019).

Tabla 10.
Registros de Ensayos Brinell Acero ASTM A36, A514 y A517

Acero	Probetas	Mediciones			
		ZF	**ZF/ZAT**	**ZAT**	**MB**
ASTM A 36	1	127.00	136.00	121.00	112.00
	2	129.00	137.00	118.00	115.00
	Promedio	128.00	136.50	119.50	113.50
ASTM A 514	1	136.00	128.00	126.00	114.00
	2	135.00	129.00	127.00	115.00
	Promedio	135.50	128.50	126.50	114.50
ASTM A 517	1.00	158.00	133.00	89.00	82.00
	2	156.00	132.00	90.00	83.00
	Promedio	157.00	132.50	89.50	82.50

Fuente: Icaza, 2019

El ensayo de dureza Brinell se realizo una bola de 2,5 mm y una carga de 187,5 Kp en tres probetas diferentes con 5 mediciones diferentes en la *Tabla 11* se puede apreciar los valores obtenidos en los ensayos en un material A36 (Suárez A, 2006).

Tabla 11.

Resultados de Ensayos Dureza Brinell. Probetas 1 A y 5 A: Centros de Caras Exteriores del Cubo de Fundición Probeta 3 A: Centro Térmico del Cubo de Fundición.

Probeta	Dureza (HB)					Media (HB)
1 A	136	138	139	138	139	138
3 A	130	128	127	129	128	128
5 A	132	139	138	136	138	137

Fuente: Suárez A, 2006

Posteriormente de los ensayos de dureza Brinell se obtuvo valores detallados en la *Tabla 12* los mismos que se relacionan con la matriz y el contenido de los elementos de aleación. Los resultados se han comparado con valores obtenidos en fundiciones sometidas a tratamientos térmicos, para este cometido se utilizaron cartas comparativas de propiedades mecanicas relacionadas con la fundición de grafito esferoidal según la ASTM. Los valores de dureza obtenidos en la fundición 2 con relación a la 4 es menor debido al contenido de carbono, silicio y cobre aunque la velocidad a la que fue enfriada fue la misma. La dureza en forma general esta relacionada con la composición química de los materiales (Fernández R. G., 2006).

Tabla 12.

Resultados de Ensayos de Dureza Brinell de Fundiciones. Carga 1839N, Esfera de 2,5 mm.

Fundiciones	Dureza (HB)					Media (HB)
FF-1	169,0	163,0	166,0	172,0	173,0	169,0
FFP-2	162,5	157,5	156,5	157,0	158,0	158,0
FP-3	254,0	254,5	253,5	250,5	254,5	253,0
FFP-4	231,0	225,0	229,0	232,0	221,0	227,0

Fuente: Fernández, 2006

En los ensayos de dureza realizado en las probetas, se realizó en forma transversal los resultados están representados en la *Tabla 13.* Dentro del análisis que se realizó la dureza

promedio es 54 HRB. En los datos se puede apreciar que los datos estan en una dureza Rocwell y Vickers. La siglas MBN significa material base nacional (Aingla Cristian, 2019).

Tabla 13.
Valores del Ensayo de Dureza del MBN

Muestra	Dureza					Promedio	
	[HRB]					[HRB]	[HV]*
MBN Transversal	55	54	55	53	54	54	100

Fuente: Aingla Cristian, 2019

Procesos de soldadura.

Para el análisis de las uniones soldadas de los asientos se consideró el proceso de soldadura MIG por el cual se realiza la fabricación de los asientos, además los tipos de juntas soldadas para a posterior realizar los pertinentes ensayos mecánicos para su validación. Por soldadura se entiende a la unión de dos o más elementos entre sí, para que formen una sola pieza, con o sin aplicación de presión y con o sin uso de material de aporte, Dentro del estudio realizado son materiales metálicos (WESTARCO, 2015).

La soldadura por arco eléctrico es el proceso de soldadura donde la unión de materiales es producida por el calor que genera el arco eléctrico, con o sin la aplicación de presión y con o sin metal de aporte (SOLDEXA, 2012).

La soldadura por arco eléctrico GMAW con un gas de protección, es el proceso de soldeo en el cual se genera calor por un arco que se establece entre el electrodo con el material de aporte con el metal a ser soldado (ELECTRIC, 2016).

El electrodo de aporte es un alambre sólido, desnudo, que se alimenta de forma continua. Tanto el electrodo, arco, metal que asido fundido y las zonas afectadas del metal base, se protegen de contaminaciones de agentes atmosféricos mediante el gas que es aportada por la tobera de la pistola. El proceso se puede apreciar en la *Figura 2.*

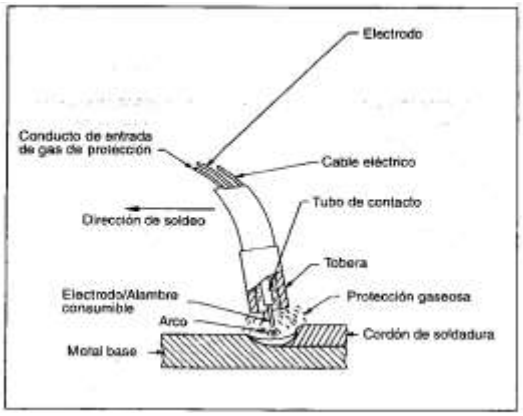


Figura 2. *Soldeo por arco con gas de protección (ELECTRIC, 2016)*

Según la SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA CON GAS DE PROTECCIÓN (MIG-MAG**)** **(**2016), las ventajas de este proceso GMAW son:

1. Se puede emplear para el soldeo de cualquier espécimen de material.
2. El electrodo es continuo, al no tener que cambiarlo aumenta la producción.
3. Se puede soldar en cualquier posición.
4. Se puede ejecutar soldaduras de gran tamaño sin que existan empalmes entre cordones.
5. No se requiere excluir la escoria ya que no existe.

Según la SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA CON GAS DE PROTECCIÓN (MIG-MAG**)** **(**2016), las limitaciones que existe en el proceso GMAW son:

1. El equipo es más costoso, complejo y difícil de transportar que el SMAW.
2. Difícil de utilizar en áreas restringidas, requiere conducciones de gas y agua para refrigerar, tuberías, botellas de gas de protección.
3. Sensible a las corrientes de aire.

"La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la

atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG)" (SUNARC, s.f.).

"La soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, es el proceso más popular y difundido en la industria, puede utilizarse con todos los metales comerciales importantes, como los aceros al carbono y de aleación, inoxidables, aluminio, magnesio, cobre, hierro, titanio y zirconio. Casi todos los tipos de hierro y acero pueden unirse con MIG/MAG, incluso el hierro libre de carbono y los aceros al bajo carbono y baja aleación, los aceros de alta resistencia enfriados por inmersión y templados, los hierros y aceros cromados o niquelados, y algunos de los aceros llamados de superaleación. Esta técnica tiene enormes ventajas, ya que es de fácil aplicación, no salpica en exceso y produce soldaduras de calidad, además los consumibles se pueden encontrar en casi todas las ferreterías o distribuidores especializados" (Llano, 2015).

El proceso de soldadura por arco eléctrico se interesa maximizar la penetración y minimizar el ancho, el sobreespesor y el ángulo del cordón. Se realizó un plan experimental con la metodología de superficie de respuesta. Al aplicar la MSR se obtienen ecuaciones del modelado matemático de la penetración, sobreespesor, ancho de cordón y ángulo de cordón. La penetración posee factores más determinantes en los cuales sobresalen la separación y la velocidad de alimentación del electrodo; se tiene una mayor penetración acorde al aumento la separación y la velocidad de alimentación del electrodo. Dentro del análisis del ancho del cordón, el factor más importante es la rapidez de soldadura, de este modo se obtiene un ancho de cordón menor conforme dicha velocidad sea mayor (V. Miguel, 2012).

Soldadura MIG.

De los seis gases inertes que existen (argón, helio, neón, criptón, xenón y radón) el argón es el que más se emplea en Europa, en Estados Unidos se utiliza más el helio. El gas argón se ioniza sencillamente, y la tensión del arco bajo argón es delicadamente inferior que bajo helio. El argón

en estado puro se utiliza en la soldadura del aluminio, el cobre, el níquel o el titanio. Mientras que, si se aplica al acero se producirá mordeduras y cordones de contorno irregular. En la soldadura que se utiliza el helio va a producir cordones más anchos con una penetración menor a comparación que el argón (SUNARC, s.f.).

El sistema MIG, la alimentación del material de aporte se impulsa en forma automática y a velocidad establecida el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, la antorcha de soldadura se debe colocar en un ángulo adecuado y se debe mantener una distancia de 10 mm entre la tobera y el material a ser soldado (INDURA, 2007).

La soldadura MIG posee características significativas al soldar aceros, entre las que resaltan:

1. El operador puede observar el arco.
2. El cable y la pistola son ligeros.
3. Muy versátil a comparación de otros procesos de soldadura.
4. Celeridad de deposición.
5. Gran rendimiento.
6. Se podría automatizar el proceso.

El sistema MIG está compuesto por los siguientes equipos:

En la *Figura 3* se esquematiza un sistema MIG con todos sus elementos.

1. Un equipo soldador.
2. Un alimentador que controle la velocidad de avance del alambre.
3. Una antorcha para la soldadura que direccione el alambre al área del material base.
4. Tanque que contenga el gas protector.
5. El material de aporte o carrete de alambre

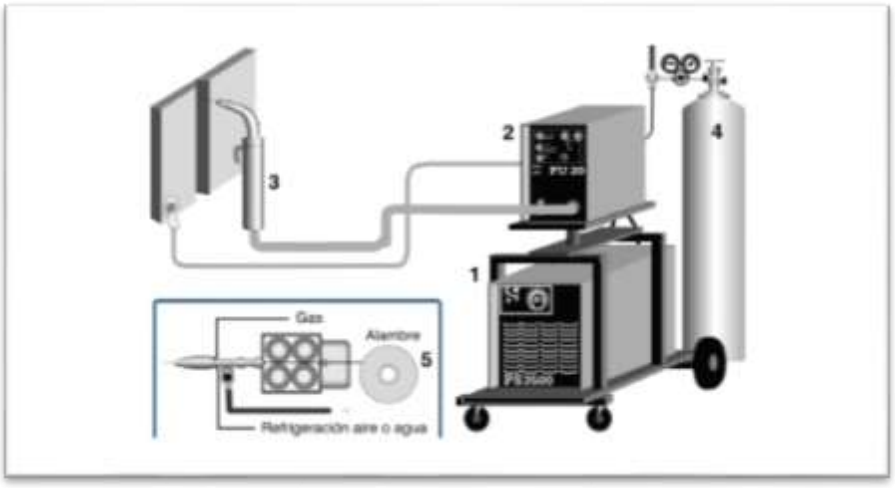


Figura 3. *Equipo MIG (INDURA, 2007).*

Posiciones para soldadura

La posición del electrodo con relación a la unión cuando se realiza el proceso de soldadura afecta la calidad de acoplamiento de los materiales base. Las posiciones básicas para el proceso de soldeo son: (CAPA, 2009).

Plana con la cara de la soldadura casi de forma horizontal, el electrodo se coloca en posición vertical y el soldeo se lo efectúa desde la parte de superior de la unión.

Horizontal el eje de soldadura es en posición horizontal. En las soldaduras de tope o penetración, la cara de la junta soldada debe estar a casi 45° haciendo referencia a las superficies vertical y horizontal.

Vertical con la referencia del eje de soldadura casi en una posición vertical, debido a esto el proceso de soldadura de lo realiza hacia arriba.

Sobre cabeza con la cara de la unión soldada casi en posición horizontal. En esta situación el electrodo debe estar casi en posición vertical y el proceso de soldadura se lo realiza desde debajo de la junta.

Dentro del estudio de un proceso de soldadura se tiene diversas posiciones para efectuar las mismas y se especifica en la norma AWS A3.0:2001.

Dentro de los procesos de soldadura se considera la posición horizontal de soldadura que se subdivide en soldadura en filete y en canal. En la *Figura 4* se representa diversas posiciones de soldadura.

"Soldadura en filete (fillet weld). La posición de soldadura en la cual la soldadura está sobre el lado superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie aproximadamente vertical. Soldadura en canal (groove weld). La posición de soldadura en la cual la cara de la soldadura está en un plano aproximadamente vertical y el eje de soldadura en el punto de soldadura es aproximadamente horizontal" (AWS, AWS A3.0:2001, 2001).

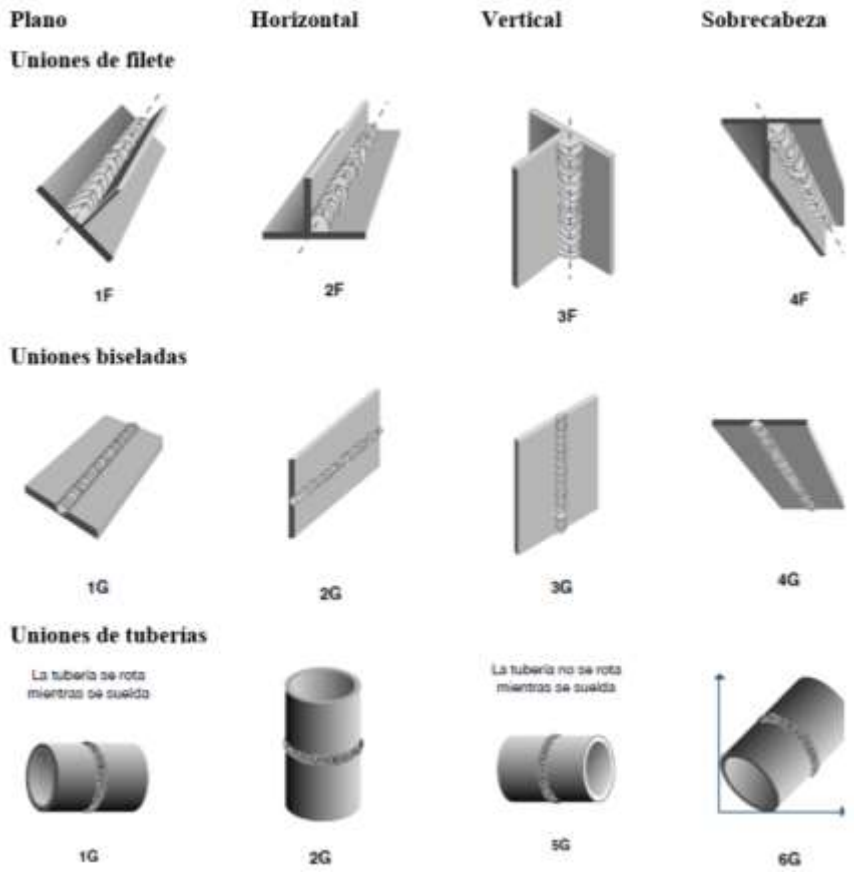


Figura 4. *Posición de Soldadura (INDURA,2007)*

Tipos de uniones soldadas.

En los procesos de manufactura de uniones soldadas, existen cinco tipos elementales de juntas las que son descritas en la *Figura 5*.

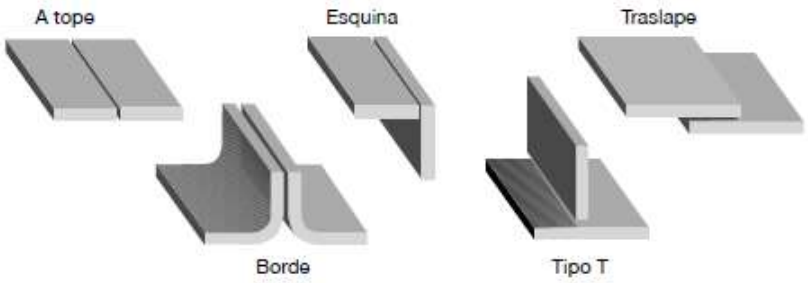


Figura 5. *Tipos de Uniones Soldadas (INDURA, 2007).*

Según la *Figura 6.* Se describe el tipo de juntas según su geometría que son combinaciones de los tipos de uniones soldadas típicas, pero con una mayor complejidad debido a los requerimientos de diseño.

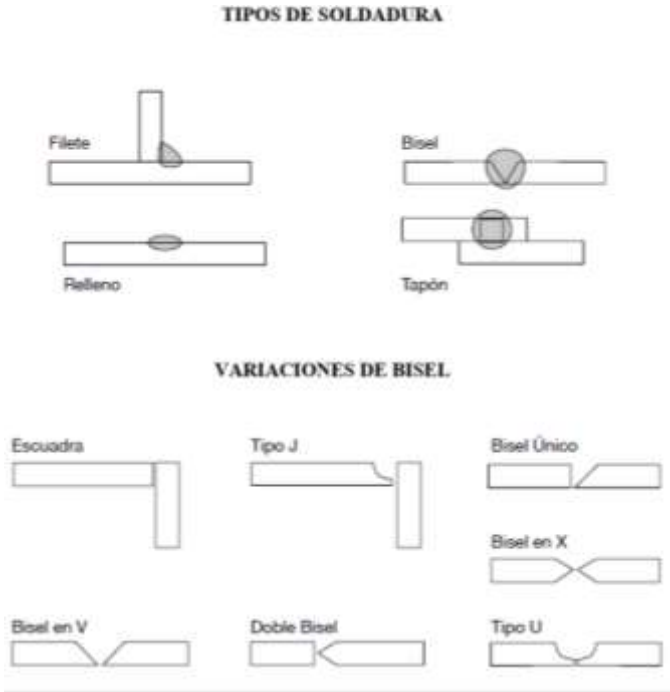


Figura 6. *Tipos de uniones soldadas según su geometría (INDURA, 2007).*

Cordón de soldadura.

Los cordones de soldadura se caracterizan por el sobre espesor, ancho y penetración, estos 3 elementos están normalizados y preestablecidos de acuerdo al proceso de soldeo, además se tiene

en cuenta el material base con estos parámetros se puede garantizar en gran parte la unión soldada (INDURA, 2007).

Los elementos más relevantes de un cordón de soldadura se detallan en la *Figura 7.*

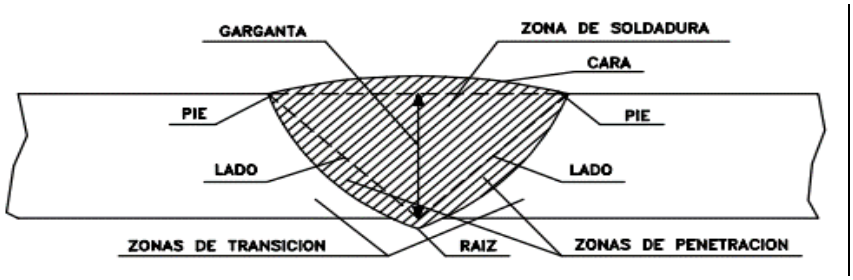


Figura 7. *Partes principales de un cordón de soldadura (INDURA. S.A. 2007).*

Material de Aporte AWS ER 70S-6

Según el *MANUAL DE SISTEMAS Y MATERIALES DE SOLDADURA (2007), "*El alambre 70S-6 es un electrodo de acero al carbono que ofrece excelente soldabilidad con una alta cantidad de elementos desoxidantes para soldaduras donde no pueden seguirse estrictas prácticas de limpieza. Este electrodo es usado principalmente con gas CO2 y otras mezclas comerciales como el indurmig. Esta soldadura ofrece un depósito prácticamente sin escoria reduciendo al mínimo las operaciones de limpieza".

Este material de aporte es utilizado en aceros corrientes de baja aleación, debidos a su contenido de silicio y manganeso que le confiere excelente desoxidante lo que asegura una soldadura sin porosidad.

Las siglas ER-70S-6 significan:

1. La E significa electrodo.
2. La R significa varilla.
3. Los dos dígitos sucesivos indican la resistencia a la tracción en miles de libras/pulg2 o decenas de mega pascales según el sistema de unidades inglés o métrico respectivamente.

4. La S indica que el alambre es sólido.
5. El dígito final, indica la composición química específica del electrodo.

Así, ER-70S-6 indica que es un electrodo-varilla, sólido, con una resistencia mínima a la tracción de 70.000 lb/pulg2.

En la *Figura 8.* Se aprecia las características químicas y mecánicas del material de aporte.

Características técnicas y propiedades mecánicas

Composición química (típica) del alambre:

C 0,08%; Mn 1,44%; Si 0,86%; P 0,012%; S 0,014%; Cr 0,02%; Ni 0,04%; Mo 0,003%; V 0,005%; Cu 0,20%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 530 MPa Límite de fluencia : 415 MPa Alargamiento en 50 mm : 31%	480 MPa 400 MPa 22%	103J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Voltaje, volt	Amperaje mín.	Amperaje máx.	Flujo CO_2 lts. / min.
0,8	14-26	60	160	7-12
0,9	15-27	90	230	8-12
1,2	17-30	130	340	12-14
*1,6	26-36	290	400	14-16

Figura 8. *Características de ER-70S-6 (INDURA. S.A.2007).*

La ley principal dentro del metal de aporte para una soldadura debe ser de igual o mayor aleación al del metal base. Además, se tiene los aceros al carbono pueden ser soldados con un metal de aporte inoxidable como el tipo 316, en cambio un acero inoxidable no puede ser soldado utilizando un metal de aporte a un acero al carbono E60XX. Por lo tanto, se ve que para soldar entre aceros al carbono aleado o no aleado y un acero inoxidable, se escogerá continuamente un metal de aportación cuyo deposito sea un acero inoxidable (Ospina Ricaurte, 2007).

Ensayos y normas para analizar las uniones soldadas.

Ensayo de dureza Vickers NTE INEN ISO 6507-1

Esta norma específica el método de la dureza Vickers de la cual se divide en tres rangos distintos de fuerza que se aplican en los materiales mecánicos a ser ensayados (INEN, NTE INEN ISO 6507-1, 2014). En la *Tabla 14.* Se aprecia los rangos de fuerzas del ensayo, estas fuerzas oscilan entre mayor a 49,03 N y menores a 1,961 N.

Tabla 14.
Rangos de Fuerzas de Ensayos

Rangos de la fuerza de ensayo, F N	Símbolo de dureza	Designación
F≥49,03	≥HV 5	Ensayo de dureza Vickers
1,961 ≤F< 49,03	de HV 0,2 hasta < HV 5	Ensayo de dureza Vickers a baja fuerza
0,098 07 ≤F< 1,961	de HV 0,01 hasta < HV 0,2	Ensayo de micro-dureza Vickers

Fuente: NTE INEN ISO 6507-1.2014.

Según la norma *NTE INEN ISO 6507-1 (2014), "*Se presiona un indentador de diamante, con forma de pirámide recta de base cuadrada y con un ángulo prefijado entre las caras opuestas en el vértice, contra la superficie de una probeta a continuación se mide la longitud de la diagonal de la huella que ha quedado en la superficie al dejar de aplicar la fuerza de ensayo, F".

El ensayo de dureza Vickers es igual al resultado obtenido al dividir la fuerza del ensayo entre el área de las caras de la huella, que se toma que es la pirámide recta de base cuadrada, con el ángulo en el vértice del indentador, en la *Figura 9* se puede apreciar el principio del ensayo.

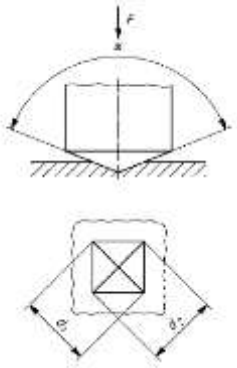


Figura 9. *Principio de ensayo dureza Vickers (INEN, NTE INEN ISO 6507-1, 2014).*

El resultado del ensayo de dureza se presenta en la *Figura 10*; la gráfica representa la transición de la dureza Rockwell C en función del camino al eje de la soldadura, en donde la zona 1 pertenece a la soldadura y las zonas 2, 3 y 4 pertenecen a la ZAC, mientras que la zona 5 corresponde al metal base (Melgarejo Mónica, 2013).

Además, en la *Figura 10* se observa que el material base sufrió diferentes cambios en las propiedades de dureza en las periferias de la soldadura. Y en las regiones más separadas de la soldadura, el metal base soportó un tratamiento térmico, lo que conlleva variaciones de dureza para cada zona.

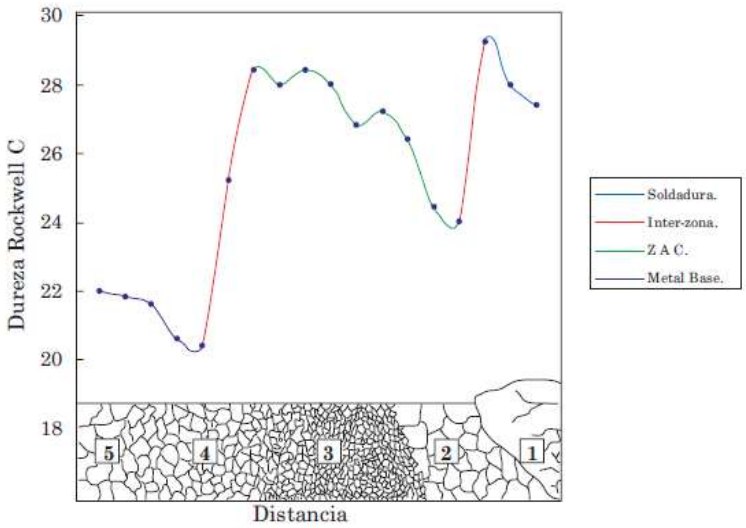


Figura 10. *Perfil de dureza de un acero ASTM A36 soldado mediante SMAW (Melgarejo Mónica, 2013).*

En la *Figura 11* se aprecia el perfil de la microdureza obtenido del ensayo de la unión soldada de AA 6261-T5. Se puede identificar el punto de la dureza mínima a una distancia de 3.5 mm del perfil de fusión; en esta esta zona se identifica la ubicación de la falla cuando se realiza el ensayo de tensión para cada una de las uniones que muestran una falla en la ZAC (Amú Maribel, 2009).

Figura 11. *Perfil de microdureza típico de la unión soldada de AA6261-T5 (Amú Maribel,2009).*

Se tomó medida de los valores iniciales de dureza de los 3 aceros F, G y E para poder iniciar el procesado de los dos compuestos laminados los mismos que tienen los siguientes valores 255, 136 y de 138, respectivamente. Se efectuaron recocidos a 650ºC en 45 minutos y 16 horas de los anteriores aceros y ensayos de dureza de cada estado los que se representa en la *Tabla 15.* Se puede verificar que la dureza de los dos aceros F y G escasamente cambian tras los recocidos y en la dureza del acero E disminuye. Este resultado se arroga a la presencia de tensiones residuales en el acero E de partida, que posee un valor inicial de dureza mayor al del micro aleado G. También se realizaron medidas de dureza en los elementos laminados, que arrojaron cambios como resultado del procesado. Los aceros G y E muestran un valor medio de dureza de 204 y 143 respectivamente. El aumento se adjudica a una microestructura final mucho más fina tras el procesado (M. POZUELO, 2004).

Tabla 15.
Valores de Dureza Vickers de los Aceros F, G y E de Partida

Acero	Dureza	Recocido	Recocido 660°C 16h
F	255	248	245
G	136	136	136
E	138	130	122

Fuente: M. POZUELO. 2004.

Ensayo de macrografía en el proceso MIG

La norma ISO 17639:2003 Detalla los ensayos destructivos que se realiza a las uniones soldadas ya sean macroscópicos o microscópicos. Este examen se usa para revelar las características macroscópicas y microscópicas de las juntas soldadas que generalmente se realiza un examen de secciones transversales. El mismo que evalúa la morfología y orientación de la estructura del grano, los precipitados y las inclusiones, de forma independiente en relación con varias grietas y cavidades. Las secciones también pueden proporcionar un registro de la forma de la muestra en los planos de la sección (STANDARD, 2003).

Se hizo un estudio de la micro-estructura de la materia prima, de la zona afectada y del cordón del proceso de soldadura, para revelar el tamaño promedio de los granos, algunos aspectos de forma y distribución de los micro-constituyentes, con esto se permitió establecer de manera más exacta los escenarios del material a ser estudiado. La evaluación fue hecha en un plano perpendiculares a la dirección de laminación de los materiales (González De León, 2008). Se aprecia en la *Figura 12* las zonas estimadas de cada probeta: sección A, zona afectada y cordón de soldadura y sección B, material base.

Probeta con zonas identificadas para el ensayo de microscopía

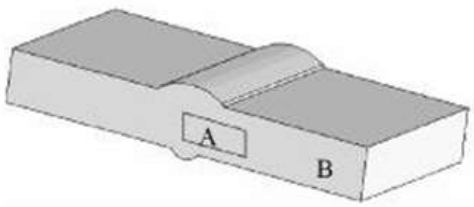


Figura 12. *Identificación de zonas para ensayo (González De León,2008).*

En la *Figura 13.* representa la micro-estructura de la materia prima o material base o la zona B de la *Figura 12*. Los resultados indican las estructuras perlíticas o zonas grises introducidas en otra estructura de un color más claro que componen las redes ferríticas. Se evidencia que la

micro-estructura como el tamaño de grano son bastante homogéneos. No se observa una zona preferencial de dirección de laminación, como suele mirarse en este tipo de micro-estructuras.

En la *Figura 14.* representa la foto-micrografía ejecutada en la zona A, que simboliza el cordón de soldadura aplicado a la materia prima. Se observa la sección transversal del cordón de soldadura, y se ve visiblemente los contrastes en las formas de las estructuras en relación al material base, porque son materiales distintos. Se observa en la *Figura 14*, una estructura más refinada y con láminas de posible bainita fina o fase oscura en una matriz de ferrita dispersa o una fase clara; esta estructura es visiblemente representada un material más duro que el substrato.

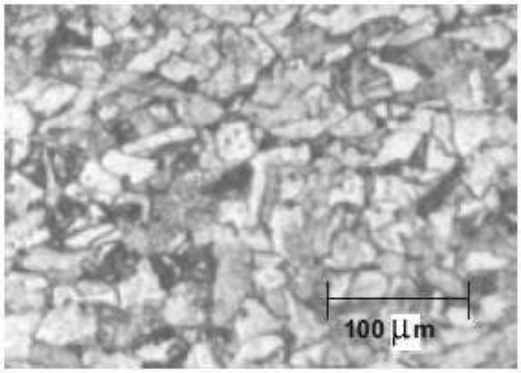


Figura 13. *Micrografía del material base Acero SA-516-70 (González De León,2008).*

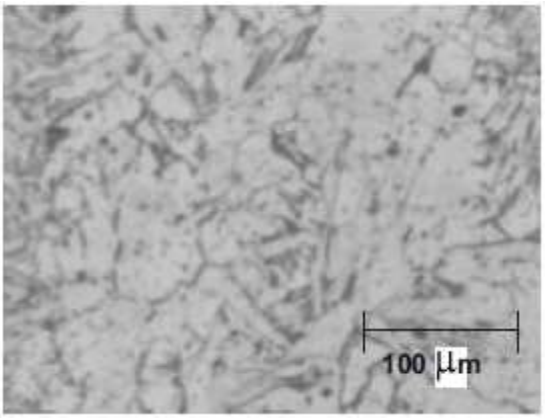


Figura 14. *Micrografía del cordón de soldadura electrodo AWS E-7018 (González De León,2008).*

En los resultados obtenidos del ensayo de macroataque se observan en la *Figura 15.* En la parte A se distingue el material de aporte en el centro, la ZAC y el material base; en la Parte B se puede observar diferentes detalles de pases del proceso de soldeo, la línea de fusión y la ZAC con un tono oscuro (Melgarejo Mónica, 2013).

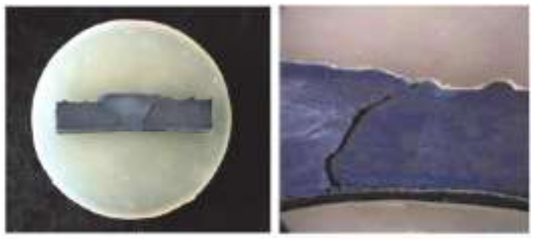


Figura 15. *Macroataque de las juntas a tope directo con bisel en V (Melgarejo Mónica,2013).*

En la *Figura 16* se observa la presencia de una grieta ubicada en la ZAC, junto de la línea de fusión, además se observa con gran diferencia las zonas objeto de estudio: la soldadura tiene una tonalidad clara, la franja intermedia ZAC, además el metal base con una tonalidad mucho más oscura además de la presencia de la grieta.

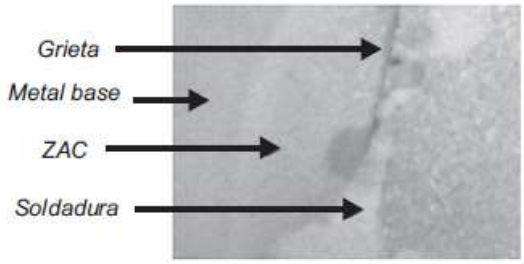


Figura 16. *Macroataque a la ZAC con evidencia de grieta (Melgarejo Mónica,2013).*

En el análisis metalográfico se desarrolló para detallar las características de la estructural de la zona fundida y de la ZAC. En la Figura 17 se observa ocho zonas, que son: el metal base, la zona de recristalización, una zona de normalización, zona de sobrecalentamiento, línea de fusión, soldadura, zona de grieta y zona cercana a la grieta (Melgarejo Mónica, 2013).

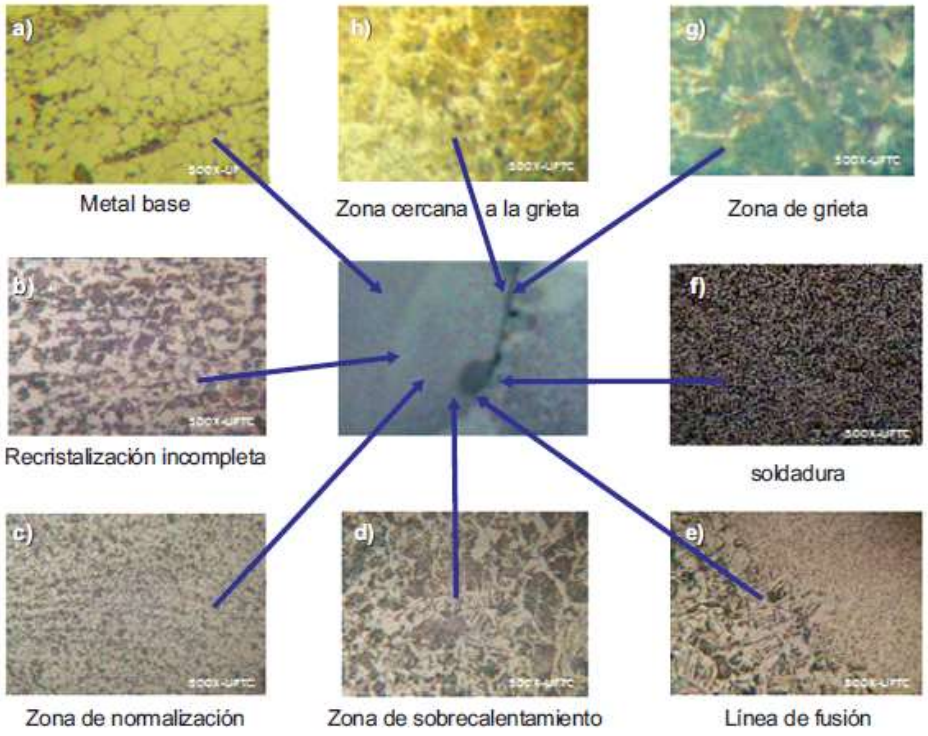


Figura 17. *Perfil de las zonas microestructurales en las que se divide la junta soldada (Melgarejo Mónica, 2013).*

Dentro de las macrografías ejecutadas a las probetas de las soldaduras a tope de la zona de supervivencia, se puede apreciar el área del material de aporte 6,95 mm^2 y la zona afectada por calor (ZAC) de 10,89 mm^2 y tiene una separación de los tubos de 0,72 mm. Además, se observa la penetración de cara de 0,72 mm, la altura del refuerzo de 0,91mm y la penetración de la raíz de 0,87 mm de longitud. En la *Figura 18.* Se observa la probeta sometida a macrografía (Aingla Cristian, 2019).

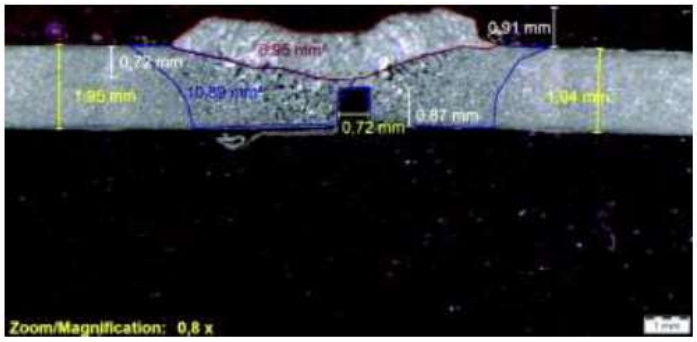


Figura 18. *Probeta sometida a macroscopía óptica (Aingla Crisitian,2019).*

Ensayo de tracción NTE INEN-ISO 6892-1

Esta norma detalla el método de ensayo de tracción de materiales metálicos y precisa las propiedades mecánicas que se logra determinara temperatura ambiente.

"El ensayo consiste en someter a una probeta a un esfuerzo de tracción, generalmente hasta su rotura, con el fin de determinar una o varias de las características mecánicas. A menos que se especifique lo contrario, el ensayo se debe llevar a cabo a temperatura ambiente entre 10 ºC y 35 ºC. Para los ambientes de laboratorio fuera del requisito establecido, es responsabilidad del laboratorio que realiza el ensayo evaluar el impacto en los datos de ensayo o calibración que se produce con y para los equipos de ensayo operados en tales ambientes" (INEN, NTE INEN-ISO 6892-1, 2017).

Se realizó ensayos de tensión o tracción en las 3 muestras o probetas de soldadura a tope (techo-techo) que está relacionada con la zona de supervivencia, obteniendo así los valores numéricos de los ensayos detallados en la *Tabla 16*, el material base de las probetas es acero A500. Las probetas muestran falta de penetración en la raíz, porosidades, aberturas, fracturas y grietas, todos estos factores presentes en el ensayo se comportan como concentradores de esfuerzos los mismos que aceleran la ruptura o fractura de la probeta. En este estudio se relacionó materiales base nacionales e importados por lo que los valores de los ensayos se muestran como TSN a los materiales naciones y como TSI los materiales importados (Aingla Cristian, 2019).

Tabla 16.
Valores del Ensayo de Tracción de las Probetas TSN Y TSI

Elementos	Área de la sección (mm^2)	Carga de fluencia (kN)	Carga de rotura (kN)	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Porcentaje de alargamiento (%)
TSN 1	41,95	7,76	8,01	185,10	190,96	0,16
TSN 2	40,02	7,44	7,52	185,92	188,01	1,18
TSN 3	41,28	0,16	2,84	3,83	68,68	0,04
TSI 1	95,97	20,23	22,09	210,76	230,19	5,66
TSI 2	95,23	18,28	29,28	191,94	307,49	4,98
TSI 3	95,53	30,32	33,09	317,39	346,36	4,58

FUENTE: Aingla Cristian, 2019

Las dos probetas soldadas bajo el proceso GMAW con un material de aporte ER70 S-6 son sometidas a ensayos a tracción, en la *Figura 19,* se aprecia en línea azul y roja los resultados de las dos probetas ensayadas, donde se observa la deformación máxima de 20 mm el promedio con una precarga de fuerza asignada de 500 N dio como resultado para la primera probeta una carga máxima de 525,83MPa, mientras que para la segunda probeta se obtuvo un resultado de 503,33 MPa como carga máxima, en la *Tabla 17* se observa los valores obtenidos de las dos probetas ensayadas (González, 2019).

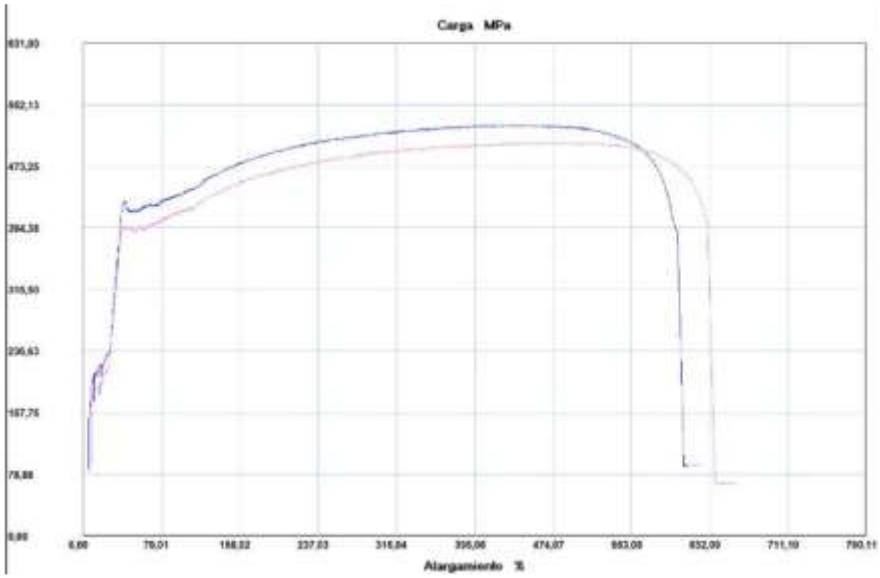


Figura 19. *Diagrama de carga de las dos probetas de un material base ASTM A 36.*

Tabla 17.
Tabla de valores de Fuerzas y Cargas de las probetas

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	Cmax Mpa	Crot Mpa	C. Yield
1	31550,01	25900,01	25450	525,83	431,67	424,17
2	30200,01	23800	23600	503,33	396,67	393,33

FUENTE: González, 2019

En el ensayo a tracción en el soporte anclaje de un material base A36 se obtuvo los valores promedio de resistencia a la traccion y límite de fluencia de 541,65 MPa con un porcentaje de

alargamiento de 38,31 % el resultado de las 5 probetas se aprecia en la *Tabla 18* (Masaquiza,2019).

Tabla 18.
Resultados de Ensayos del Soporte Anclaje

Probeta	Soporte anclaje	Limite de fluencia (MPa)	Resistencia a la traccion	Alargamiento	Long. Inicial	Long. Final
1	Soporte anclaje	391,7	525,42	38,89%	80	111,11
2	Soporte anclaje	402,59	540,5	36,29%	80	109,03
3	Soporte anclaje	538,9	538,9	39,45%	80	111,56
4	Soporte anclaje	561,79	561,79	38,45%	80	110,89
5	Soporte anclaje	-	-	-	-	-
Promedio X		541,65	541,65	38,31%		
Desviacion estandar *Sn-1*		15,031	15,031	1,40%		
Coeficiente de Variación		2,8	2,8	3,64%		

FUENTE: Masaquiza,2019

Los valores obtenidos en los ensayos de traccion realizados sobre las probetas del tubo cuadrado base frontal son 421,77 MPa como promedio de la resistencia a la tracción y el valor promedio del limite de fluencia es 385,297 MPa con un 20,80% de alargamiento, en la *Tabla 19* se aprecia los resultados del ensayo del tubo cuadrado base frontal (Masaquiza, 2019).

Tabla 19.
Resultados de ensayos del tubo cuadrado base frontal

Probeta	Soporte anclaje	Limite de fluencia (MPa)	Resistencia a la traccion	Alargamiento	Long. Inicial	Long. Final
1	Tubo Cuadrado base	388,5	422,39	19,53%	50	59,767
2	Tubo Cuadrado base	371,79	415,23	22,66%	50	61,332
3	Tubo Cuadrado base	385,71	423,21	23,28%	50	61,642
4	Tubo Cuadrado base	386,33	417,79	17,28%	50	58,64
5	Tubo Cuadrado base	394,16	430,23	21,21%	50	60,607
Promedio X		385,297	421,77	20,80%		
Desviacion estandar *Sn-1*		8,253	5,76	2,44%		
Coeficiente de Variación		2,14	1,37	11,73%		

FUENTE: Masaquiza,2019

En los ensayos a tracción siguiendo la planificación de la investigación bajo la norma *ISO 6892-1. Ensayo de tracción Material base,* las soldaduras fueron realizadas en un proceso GMAW en los acero ASTM A36, A514 y A517 en la fabricación de carrocerías metálicas. Los

resultados numericos se aprecia en la *Tabla 20,* en la misma se aprecia un registro fotografico que muestra que las probetas despues de ser ensayadas y se evidencia la ruptura de las mismas y cabe señalar que este esfuerzo de ruptura no tuvo lugar en la soldadura. (Icaza, 2019).

Tabla 20.
Ensayos de Tracción Acero ASTM A36, A514 y A517.

	ASTM A36		**ASTM A514**		**ASTM A517**	
	Probeta 1	**Probeta 2**	**Probeta 1**	**Probeta 2**	**Probeta 1**	**Probeta 2**
Carga Máxima (MPa)	363.33	559.17	400.83	456.67	514.71	550.00
Carga Rotura (MPa)	280.83	275.00	310.00	371.67	420.83	427.50
Fuerza Máxima (KN)	21.80	33.55	24.05	22.30	30.85	33.00
Registro fotográfico						

FUENTE: Icaza,2019

Método

La presente investigación se realizará en 2 etapas: 1. Análisis de la materia prima, 2. Estudio de las uniones soldadas de los asientos de autobuses interprovinciales.

Dentro de la primera parte se va a realizar el análisis de los componentes de la estructura del asiento. La misma que va a seguir el siguiente procedimiento.

1. Identificar los componentes de la estructura del asiento de bus interprovincial.
2. Clasificar los elementos.
3. Elegir la norma para realizar los ensayos mecánicos.
4. Preparar de las probetas a ser ensayadas.
5. Someter las probetas a ensayos mecánicos.
6. Validar los resultados con tablas del proveedor.

Dentro del estudio de la materia prima se va a realizar 5 probetas por cada material de la estructura del asiento. Posteriormente se las va a someter a los ensayos mecánicos bajo la norma NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos-Ensayo de dureza Brinell. Los pasos que se van a seguir me muestran en la *Figura 20.*

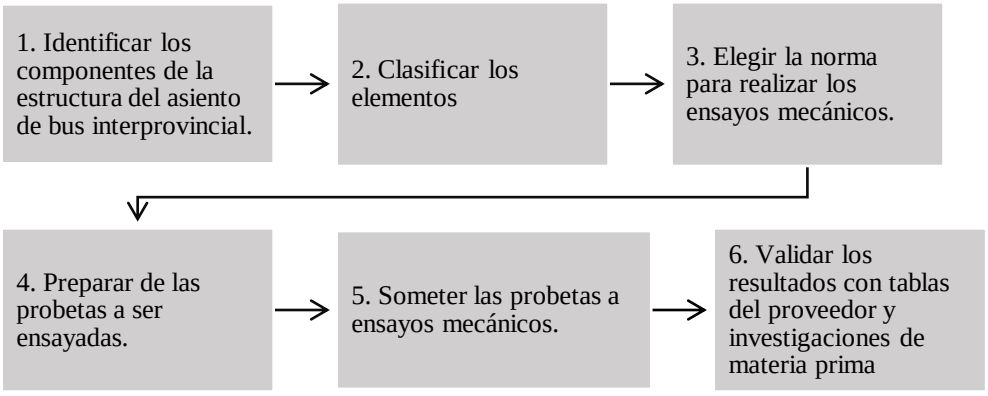


Figura 20. Pasos para análisis de la materia prima

Materia prima.

Para la conformidad de la materia prima se va a utilizar ensayos de dureza brinell-materiales metálicos, en relación al método de ensayo con la norma NTE INEN ISO 6506-1, pero se va

realizar por grupos. En la *Tabla 21*. se presenta la clasificación de los elementos de la estructura de un asiento de bus interprovincial además se hace hincapié en norma del material y el número de probeta ser ensayadas.

Tabla 21.
Elementos que Conforman la Estructura de un Asiento de Bus Interprovincial.

N°	Identificación del grupo	Característica	Norma de producto	Norma de material	Probetas a ensayar
1	050349199520181228-EDB01	Base cojín posterior Angulo corredizo	INEN 2224/INEN 2215	ASTM A36	5
2	050349199520181228-EDB02	Anclaje resortes T	INEN 2234/INEN 2215	ASTM A36	5
3	050349199520181228-EDB03	Refuerzo espaldar platina	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
4	050349199520181228-EDB04	Base cojín plancha	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
5	050349199520181228-EDB05	Anclaje asiento piso	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
6	050349199520181228-EDB06	Tubo base cuadrado posterior y frontal.	INEN 2415/INEN 2215	ASTM A500	5
7	050349199520181228-EDB07	Tubo cuadrado base frontal	INEN 2415/INEN 2215	ASTM A36	5
8	050349199520181228-EDB08	Platina grande de chupete	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
9	050349199520181228-EDB09	Platina	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
10	050349199520181228-EDB10	Ángulo anclaje	INEN 2224/INEN 2215	ASTM A36	5
11	050349199520181228-EDB11	Tubo redondo apoya pies	INEN 2470	Acero al carbono	5
12	050349199520181228-EDB12	Soporte espaldar y base	INEN 2470	Acero al carbono	5
13	050349199520181228-EDB13	Conexión espaldar.	INEN 2470	Acero al carbono	5
14	050349199520181228-EDB14	Varilla eje izquierdo o derecho	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
15	050349199520181228-EDB15	Varilla lisa refuerzo espaldar	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
16	050349199520181228-EDB16	Soporte anclaje	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5

Este estudio es el complemento del trabajo Caracterización metalúrgica de materiales actuales utilizados en la fabricación de asientos y alternativas de sustitución para sistemas de

manufactura nacional bajo normas ASTM e INEN. Del cual se toma como referencia la Figura 21 para identificar los elementos detallados en la *Tabla 21*.

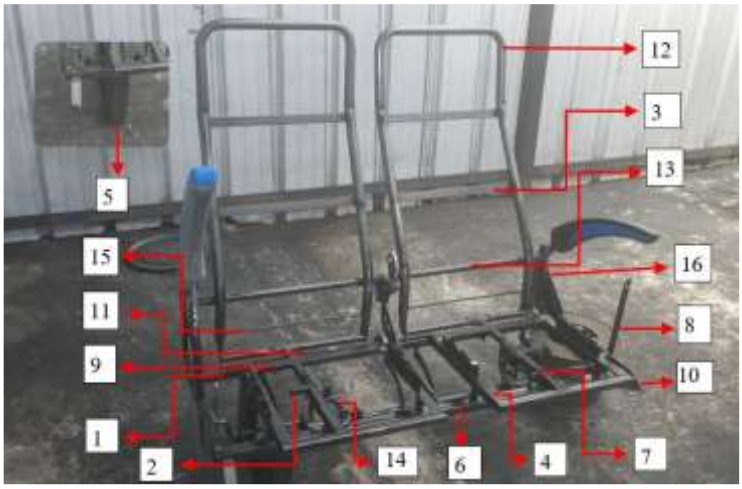


Figura 21. *Elementos de la estructura de un asiento de pasajero de un bus interprovincial (Masaquiza,2019).*

Para la conformidad de la materia prima se va a utilizar el ensayo de la dureza Brinell, haciendo uso de la norma (ISO 6506-1). Para realizar ensayos de dureza Brinell, se hace relación con los símbolos/abreviaturas y sus designaciones, además de sus respectivas unidades descrita en la *Tabla 22.*

Tabla 22.
Tabla de símbolos y abreviaturas de la norma NTE INEN ISO 6506-1

Símbolo/abreviatura	Designación	Unidad
D	Diámetro de bola	mm
F	Fuerza de ensayo	N
D	Diámetro medio de la indentación $d = \frac{d_1+d_2}{2}$	mm
$\boldsymbol{d_1, d_2}$	Diámetro de indentación medidos a 90°	mm
H	Profundidad de indentación $h = \frac{D}{2}(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}})$	mm
HBW	Dureza Brinell $= Constante * \frac{Fuerza\ del\ ensayo}{Area\ de\ la\ superficie\ de\ la\ indentación}$ $HBW = 0{,}102 * \frac{2F}{\pi D^2(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}})}$	
$\boldsymbol{0,102X\ F/D^2}$	Relación fuerza-diámetro	$N/_{mm^2}$

Fuente: (INEN, NTE INEN ISO 6506-1, 2014)

Normas aplicadas para el estudio de la materia prima.

Dentro del estudio de la materia prima de la estructura de los asientos de bus interprovinciales se va a tener como referencia el ensayo de dureza Brinell, además se tuvo en cuenta las normas de producto y material para poder identificar los elementos del asiento.

Norma NTE INEN ISO 6506-1

Esta norma hace referencia a pruebas mecánicas, de materiales utilizando el ensayo de dureza Brinell. El proceso para realizar este ensayo hace referencia a un penetrador o una bola de metal con un diámetro D, esta bola realiza una fuerza a la superficie de la probeta a ensayarse. Posteriormente se evalúa la indentación dejada por la bola, que queda en la superficie de la probeta después de apartar la fuerza F. La dureza Brinell es correspondiente al cociente conseguido al dividir la fuerza de prueba por el área de superficie curva de la hendidura en la probeta. En la *Figura 22* se puede observar el principio de la prueba de dureza Brinell.

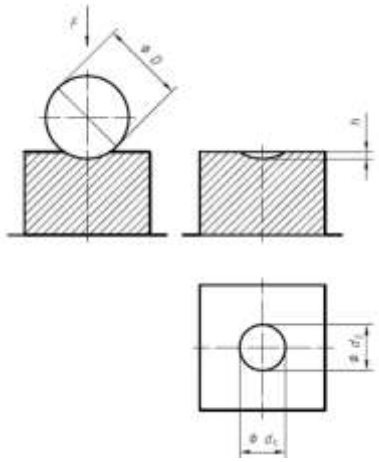


Figura 22. *Principio de la prueba de dureza Brinell (NTE INEN ISO 6506-1,2014).*

Norma NTE INEN ISO 2224

La norma hace referencia a los perfiles angulares estructurales de acero al carbono laminados en caliente. Requisitos e inspección. Dentro del objetivo que persigue la norma es la de los requerimientos dimensionales que deben cumplir los perfiles angulares estructurales de acero al

carbono laminados en caliente y los métodos a los que se puede someter en ensayos. Los perfiles angulares deben cumplir con los requisitos mecánicos establecidos en la norma NTE INEN 2215. Además, el muestreo, toma de muestras, aceptación o rechazo, establecido en la norma NTE INEN 2215.

Norma NTE INEN ISO 2215

Trata sobre los perfiles de acero laminados en calientes requisitos. Además, hace mención a los requisitos mecánicos y químico que deben cumplir los perfiles de acero laminados en caliente. Además, hace referencia a los requerimientos mecánicos para grados ASTM, que son particularidades mecánicas de los perfiles de acero a los que se refieres esta norma, se instituye en la tabla 3 para ASTM.

Norma NTE INEN ISO 2234

La norma NTE INEN ISO 2234 da referencia a los perfiles estructurales T de acero laminados en caliente. Tolerancias y métodos de ensayos. El objetivo y el campo de aplicación de esta norma son los requisitos dimensionales que deben cumplir los perfiles estructurales en T de acero de ancho y altura total iguales (H=B), exceptuando los aceros inoxidables.

Norma NTE INEN ISO 2222

Dentro de esta norma hace referencia a las barras cuadradas, redondas y pletinas de acero laminadas en caliente. Requisitos. Y implanta las necesidades dimensionales que corresponden plasmar cada uno de los perfiles.

Norma NTE INEN ISO 2415

La norma NTE INEN ISO 2415 hace referencia a los tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos. Dentro del principal objetivo de esta norma instituye las obligaciones que deben verificar los tubos de acero al carbono tanto negros

como galvanizados, conformados al frio, soldados de sección, cuadrada, rectangular o especial para ser aplicados en estructuras y usos generales. Creando referencia primariamente a tuberías de hasta 2235mm de perímetro y un espesor de pared de hasta 22 mm.

Norma NTE INEN ISO 2470

La normativa técnica ecuatoriana INEN 2470 hace referencia a los tubos de acero al carbono negros y galvanizados, con y sin costura para conducción de fluidos. Requisitos. Al igual que la norma NTE INEN ISO 2415 hace referencia a tuberías, pero con una especificación en las aplicaciones mecánicas, donde hace referencia a la soldadura, para operaciones de enrollado, ranurado, doblado y rebordeado.

Dentro de soldadura para los tubos con costura, el cordón de soldadura puede fabricarse mediante métodos automáticos o semiautomáticos (ERW, SAW). El cordón de soldadura debe ser uniforme y no mostrar interrupciones ni otros defectos.

Norma del material ASTM A 36

ASTM A 36 es un acero estructural de mediana resistencia y buenas propiedades de soldabilidad. Presenta un esfuerzo de fluencia de 250 MPa (36 ksi) y un esfuerzo mínimo tracción de 400 a 550 MPa (58 a 80 ksi). Se desarrolló para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas, mejorando el contenido de carbono de los aceros ASTM A7. Las barras ASTM A36 son requeridas en la industria de la construcción en general. Se utilizan en piezas mecanizadas, para componentes de mediana-baja resistencia.

Norma del material ASTM A 500

Esta especificación trata sobre tubos estructurales de acero al carbono conformado en frío, electro soldados y sin costura, de forma circular, cuadrada, rectangular, u otra forma especial, utilizados para construcción electro soldada, remachada o atornillada de puentes y

edificaciones, y para usos generales en estructuras. Estos tubos son producidos tanto electro soldados como sin costura, en tamaños con una periferia de 64 in. [1630 mm] o menos, y un espesor de pared especificado de 0.688 in. [18 mm] o menos.

Norma del material Acero al carbono

Los aceros al Carbono son aleaciones base Fe, con contenidos de Carbono superiores al 0,05% e inferiores al 2% en peso; la gran mayoría de estos aceros tiene contenidos de C entre 0,1 y 1%p. En los aceros comerciales siempre hay otros elementos, además de Fe y C; sin embargo, en una primera presentación podemos hacer abstracción de esos otros elementos y suponer que ellos están dentro de rangos normales y que son constantes.

Equipos utilizados para ensayos mecánicos de la materia prima.

Para este proceso se utilizó un durómetro de marca ERNST, los ensayos se realizó en el laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua en el cual se realizó 5 mediciones del cual se sacó un promedio para cada uno de los elementos de los elementos de la estructura de un asiento, el durómetro se puede apreciar en la en la *Figura 23*, a continuación, se especifica algunas características del durómetro utilizado.

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.

Dirección: Ambato/Catiglata. Rio de Janeiro y Toronto.

Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos-Ensayo de dureza Brinell.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Equipo Utilizado: Durómetro ERNST Modelo: NR3 DR Serie:4651.

Tiempo de duración de la fuerza: 10seg.

Última verificación de máquina: RG-AM-003

Patrón Utilizado: PR3 AlMgSiO-10mm, 95,4 HBW/30 (ACEPTABLE).

Verificación de la máquina por medio del patrón: 96 HBW/30.

Figura 23. *Durómetro ERNST Modelo:NR3 DR Serie:4651 (Laboratorio CFPMC)*

Uniones soldadas

Dentro del estudio de las uniones soldadas se realizaron probetas de los materiales ASTM A 500 Y ASTM A36 bajo el proceso de soldadura MAG, estas probetas fueron soldadas a tope. En la *Figura 24.* Se especifica los pasos para realizar los ensayos para la validación de las uniones soldadas de los asientos de pasajeros de buses interprovinciales.

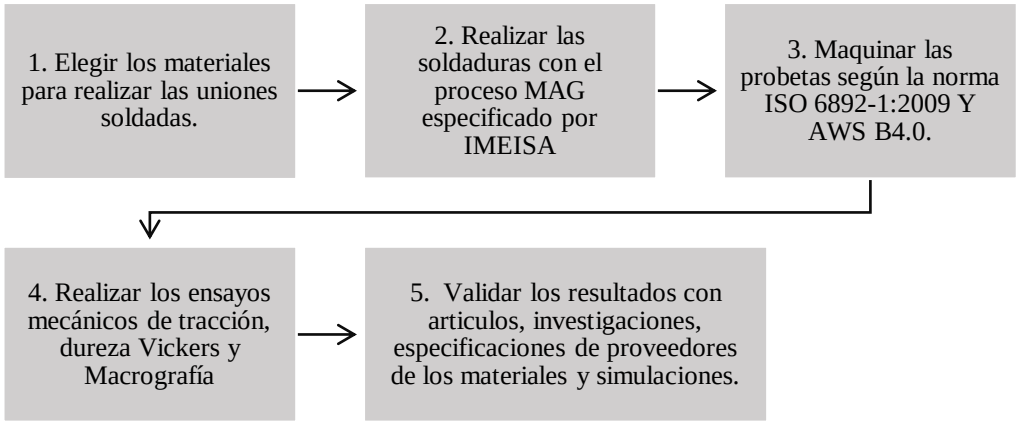


Figura 24. *Pasos para análisis de las uniones soldadas*

En la empresa IMEISA en la cual se desarrolló el tema de investigación, proporcionó documentos fundamentales para la concepción y desarrollo del análisis tanto de la conformidad de la materia y fundamentalmente el de las uniones soldadas. Partiendo desde la calificación

desempeño del soldador (WPS) y planos estructurales con especificaciones fundamentales en donde se encuentran las uniones soldadas, además del proceso de soldadura y material de aporte para las mismas. Las mismas que se detallan en la *Figura 25 y 26.*

Figura 25. *Estructura de asiento interprovincial (IMEISA).*

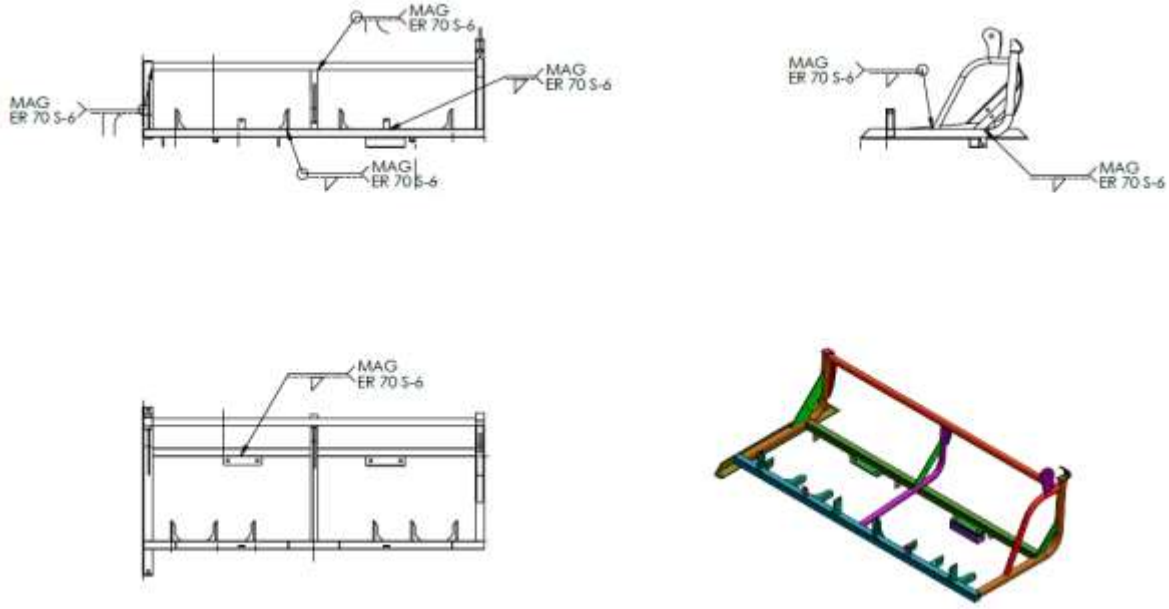
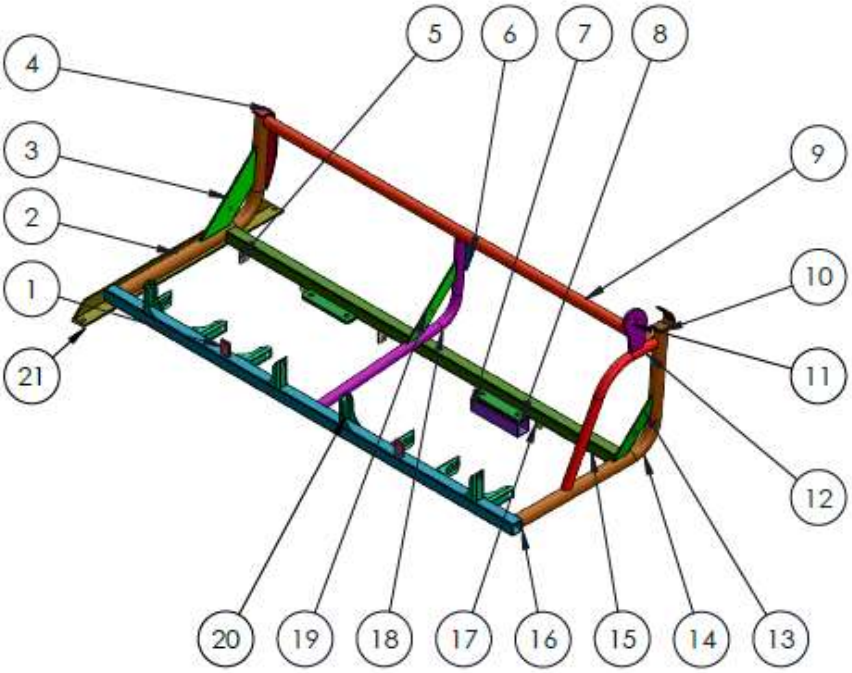


Figura 26. *Especificación de soldadura (IMEISA).*

En la *Figura 27* especifica los componentes de la base cojín donde se aprecia además especificaciones del tipo de material, que en su mayoría es el acero A36, con estos datos proporcionados se parte para el análisis de las uniones soldadas.



Nº de pieza	Denominacion	Nº de norma/dibujo	Material	Nº de orden	Nº de modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
1	Soporte cojin y ejes de reclinacion	30x30x4	A-36	21	Angulo		-
10	Soporte cojin y ejes de reclinacion	60x25x2	A-36	20	Plancha		-
1	Soporte anclaje cinturon central	25x3	A-36	19	Platina		-
1	refuerzo centralCodera	Ø3/4 pulgx1.5	A-500	18	Tubo redondo negro		-
2	anclaje resorte posterior	Ø4	A-36	17	Varilla lisa		-
1	tubo base frontal	25x25x1.5	A-500	16	Tubo cuadrado negro		-
1	tubo base posterior	25x25x1.5	A-500	15	Tubo cuadrado negro		-
1	Codera lateral izquierda	Ø 1pulgx2	A-500	14	Tubo redondo negro		-
1	Soporte anclaje cinturon izquierdo	25x3	A-36	13	Platina		-
1	Refuerzo apoya codera izquierdo	Ø3/4pulgx1.5	A-500	12	Tubo redondo negro		-
1	Soporte codera plastica	100x6	A-36	11	Plancha		-
1	Soporte posterior codera izquierda	25x3	A-36	10	Platina		-
1	Soporte espaldar y base	Ø7/8pulgx1.5	A-500	9	Tubo redondo negro		-
1	Refuerzo apoya pies	25x5	A-36	8	Platina		-
2	Soporte apoya pies	30x30x2	A-500	7	Tubo cuadrado negro		-
1	Refuerzo codera central posterior	20x3	A-36	6	Platina		-
2	Anclaje apoya pie	20x3	A-36	5	Platina		-
1	Refuerzo posterior codera derecha	25x3	A-36	4	Platina		-
1	Soporte anclaje cinturon derecha	50x6	A-36	3	Platina		-
1	Codera lateral derecha	Ø 1pulgx2	A-500	2	Tubo redondo negro		-
2	Anclaje resorte	20x3	A-36		Platina		-

Figura 27. *Subconjunto base asiento (IMEISA)*

Registro de calificación de desempeño del soldador (WPQ)

Este registro resume los datos del soldador, el proceso en el cual va a ser calificado, el tipo de junta, el material base, el material de aporte, las posiciones en la cual se va a calificar y los resultados de pruebas y ensayos. Se puede encontrar la información detallada en el *Anexo 2*.

Con la documentación de que los soldadores son calificados para el proceso por el cual se realizó las soldaduras se puede dar por sentado que las probetas están idóneas para realizar los ensayos mecánicos.

Dimensiones de las probetas

Para las probetas de las uniones soldadas a ser sometidas a los ensayos a tracción se referencio las normas *ISO 6892-1:2009 y AWS B4.0*

El dimensionamiento de las probetas para el ensayo de tracción de acuerdo a la norma ISO *6892-1:2009,* se especifican en la *Figura 28.* Donde se aprecia que la probeta especificada se aplica para espesores mayores a tres y menores a 4 mm, además el largo de la probeta es de 220 mm y el ancho de 20 mm.

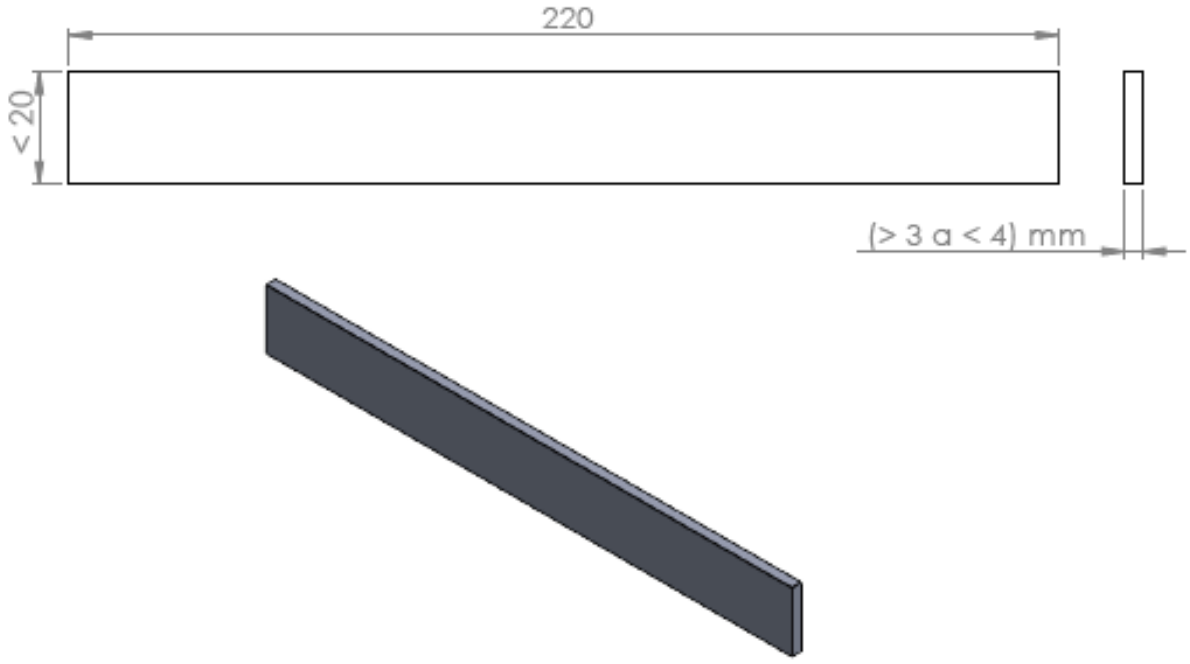


Figura 28. *Probeta para ensayo de tracción del acero ASTM A-500 (ISO 6892-1:2009)*

En la *Tabla 23* se puntualiza el dimensionamiento de las probetas para el ensayo a tracción de acuerdo a norma ISO 6892-1:2009; Tabla 1 B. Dimensionamiento de probetas para espesores de 0.1mm y 3mm.

Tabla 23.
Probetas para ensayo de tracción.

Tipo de probeta	Anchura b_o	Longitud inicial entre puntos L_o	Longitud de la parte calibrada L_c		Longitud libre ente las mordazas para probetas de lados paralelos
			Mínima	Recomendad	
1	12.5	50	57	75	87.5
2	20	80	90	120	140
3	25	50[a]	60[a]	-	No definida

[a] El radio L_o/b_o y L_o/b_o de las probetas del tipo 3 es muy bajo en comparación con el tipo 1 y 2. Esto se supone que las propiedades, en especial el alargamiento de rotula (Valor absoluto y rango de dispersión), medidas con esta probeta difieran las de otros tipos de probeta

Fuente: Tabla 1. B de la norma ISO 6892-1:2009.

Se realizó los ensayos a tracción en el acero ASTM A36 para el cual se referencio que su espesor es de 4 mm, por lo que se debe tener en cuenta a la norma AWS B4.0, en la *Figura 29* se especifica las dimensiones para una probeta de 4mm mientras que en la *Figura 30* se especifica para probetas menores a una pulga y mayor o iguales a una pulgada.

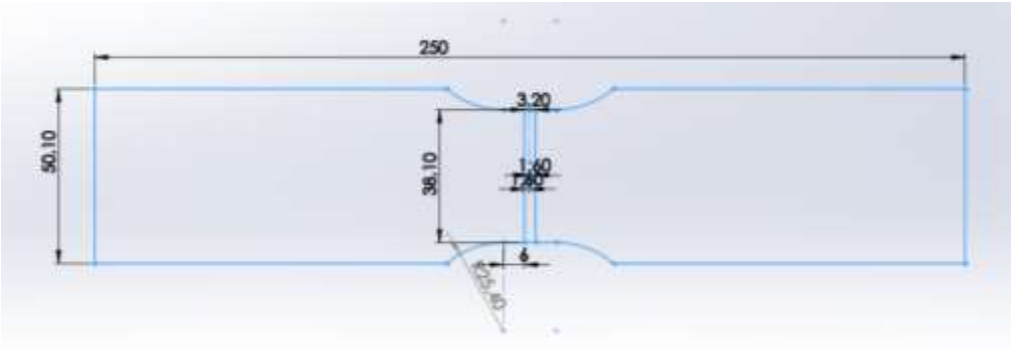
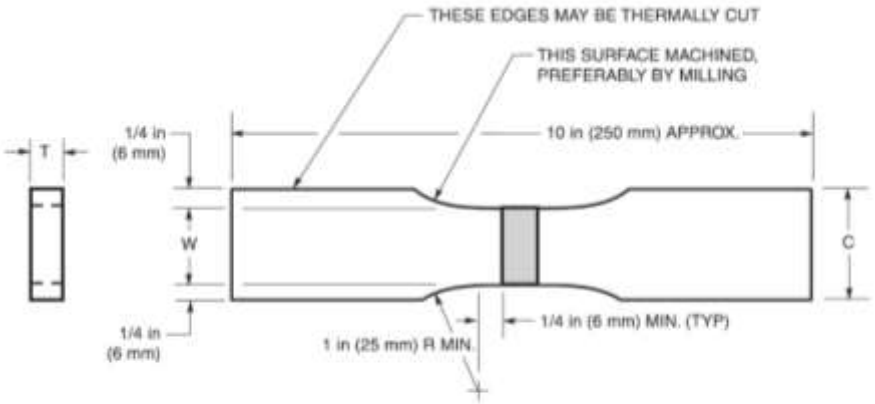


Figura 29. *Dimensiones para realizar los ensayos de tracción utilizando la norma AWS B4.0*



T	W
<1 in (25 mm)	1.50 in ± 0.01 in (38 mm ± 0.25 mm)
≥1 in (25 mm)	1.00 in ± 0.01 in (25 mm ± 0.25 mm)

Figura 30. *Dimensiones y especificaciones para realizar los ensayos de tracción aplicando la norma AWS B4.0*

AWS B1.1.

Esta norma específica la Inspección Visual de las Juntas Soldadas Sujetas a Estudio, además se orienta a en reunir aspectos fundamentales y requisitos visuales para que se considere una junta soldada satisfactoria.

De los que sobresalen los siguientes:

1. La unión soldada deberá estar libre de grietas en todo el cordón de soldadura.
2. En el caso de existir grietas se deberá rellenar la sección de la soldadura, de manera que las grietas sean anuladas con nuevo material de aporte.
3. La raíz de la unión soldada no deberá tener grietas, fusión incompleta o falta de penetración en la unión.

Con estos parámetros y requisitos que deben cumplir las uniones de puede concluir si una unión soldada aprobada (Saavedra., 2015).

Ensayos de Tracción

Estos ensayos mecánicos se ejecutaron según la organización planificada conjuntamente con los técnicos del centro de fomento carrocero de Tungurahua y presentada en la investigación, bajo la norma *ISO 6892-1* en las probetas de las *Figuras 28 y 29*, ya que el objetivo es avalar la soldadura bajo el proceso GMAW en los Aceros ASTM A36, A500; utilizados en la manufactura de los asientos de pasajeros de buses interprovinciales. Para lo cual se utiliza la máquina de ensayos universal Metrotest 1500KN, Modelo: MTE 1500, que tiene una velocidad de ensayo de 10 mm/min, con una precarga de 5000 N, la maquina utilizada se aprecia en la *Figura 31*.

Figura 31. *Máquina de ensayos universal Metrotest (CFPMC)*

Ensayos de Macrografía

Estos ensayos se realizaron bajo la norma *ISO 17639:2003 Destructive Test on Welds in Metallic Materials – Macroscopic and Microscopic Examination of Welds*. Con un Composición del atacante con el químico Nital / 4% de ácido nítrico para poder identificar las zonas del material base y de la unión soldada en una temperatura ambiente por un tiempo de 20segundos. El ensayo también tiene por objetivo comprobar las diferentes fallas que existen en el cordón de

soldadura con el material base, en la *Figura 32*, se muestra el equipo utilizado en el ensayo, que además tiene como característica un zoom óptico del equipo de 0,67-4,5 con una magnificación de 6,7 a 45X

Figura 32. *Equipo estereomicroscopico OLYMPUS SZ61TR (CFPMC)*

Ensayos de Dureza Vickers

La metodología manejada para el ensayo ha sido desarrollada según la norma *NTE INEN ISO 6507-1*. En un material *ASTM A500*, En el Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Tungurahua.

Para el ensayo se manejó un micro-durómetro FUTURE TECH modelo FM 800, serie FMX 8340, con el objetivo de tener varias mediciones, siendo utilizado en las zonas determinadas en la probeta a ensayarse, para lograr obtener unos datos de la dureza y estimar la resistencia de los materiales alcanzada en las Zonas fundidas (ZF), Zonas afectadas Térmicamente (ZAT), Limite entre la ZF y ZAT (ZF/ ZAT) y material base con posibles afectaciones (MB). La fuerza aplicada por equipo es de 9,807 N, el tiempo de aplicación la fuerza es de 15 segundos, el patrón utilizado es de FT13159609 con un valor de 699,3 HV1 y el patrón verificador de la maquina es de 700,3 HV1. En la *Figura 33* se aprecia el equipo.

Figura 33. *Micro-durómetro FUTURE TECH FM 800 (CFPMC)*

Simulación computacional

Dentro del estudio de las uniones soldadas se realizará una simulación para comparar los valores obtenidos en los ensayos destructivos con los conseguidos en el software. Las probetas para el simulador serán diseñadas según la especificación de las probetas físicas especificada en la *Figura 28 y Figura 29* además constarán con el cordón soldadura con la especificación del material de aporte ER70S-6, posteriormente se ingresará la fuerza máxima a la cual fueron sometida en el laboratorio del CFPMC especificadas en las *Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45* y obtener la resistencia a tracción de la probeta. Finalmente, esos valores serán comparados con los del laboratorio y con los valores dados por el fabricante de la materia prima. Con ello se podrá corroborar si las uniones soldadas por el fabricante IMEISA cumplen con los estándares y por ende tener una aceptación de las soldaduras. Cabe señalar que los materiales a ser utilizados se especifican en las tablas anteriormente en mención.

Resultados

En el desarrollo del trabajo se realizó ensayos mecánicos, tanto para la conformidad de la materia prima como para la validación de las uniones soldadas, estos ensayos se los ejecutó con la ayuda de la empresa de IMEISA y el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, pertenecientes a la ciudad de Ambato.

Conformidad de la materia prima

Para la validación de la materia prima se realizó ensayos de dureza Brinell utilizando como eje la norma *NTE INEN ISO 6506-1*, donde se obtuvo resultados cuantitativos que serán detallados en las siguientes tablas.

Cabe mencionar que en los ensayos se utilizó 5 probetas por cada uno de los elementos que compone un asiento de pasajeros de bus interprovincial, a los cuales se les realizo una medición, para obtener su dureza.

Dentro de los resultados se especifica los valores obtenidos en las mediciones, además del promedio, la desviación estándar y coeficiente de variación de los mismos.

Ensayos de Dureza Brinell

Se describen los resultados obtenidos en cada uno de los elementos que componen un asiento de pasajero de un bus interprovincial.

Resultado de la Base cojín posterior

Los resultados del ensayo de dureza Brinell realizado en el CFPMC para la base del cojín posterior obtuvo como promedio 134, después de haberse efectuado las mediciones en cada una de las probetas. Además, se debe considerar que el material del elemento es el acero *ASTM A36*, se especifica sus valores en la *Tabla 24.*

Tabla 24.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de la Base cojín posterior, Angulo corredizo

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
1	050349199520181228-EDB01	21,9	56,6	Medición 1	133
				Medición 2	133
				Medición 3	136
				Medición 4	138
				Medición 5	132
				Promedio	134
				Desviación estándar	2,51
				Coeficiente de variación	1,87

Resultado del Anclaje resortes T

En los resultados de los ensayos se observó que la dureza Brinell en las mediciones está en un rango 200, además la variación mínima entre las mediciones realizadas.se especifica sus valores en la *Tabla 25.*

Tabla 25.
Resultado ensayo de Dureza Brinell del Anclaje resortes T

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
2	050349199520181228-EDB02	22	55,9	Medición 1	201
				Medición 2	199
				Medición 3	202
				Medición 4	198
				Medición 5	202
				Promedio	200
				Desviación estándar	1,82
				Coeficiente de variación	0,91

Resultado del refuerzo espaldar platina

En la Tabla 26. Se aprecia los resultados del ensayo mecánico de dureza Brinell en el refuerzo espaldar platina, después de realizar las mediciones se obtuvo un promedio de 124 en su dureza. El material base es el acero *ASTM A36*.

Tabla 26.
Resultado ensayo de Dureza Brinell del refuerzo espaldar platina

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
3	050349199520181228-EDB03	21,8	54,8	Medición 1	127
				Medición 2	122
				Medición 3	121
				Medición 4	120
				Medición 5	130
				Promedio	124
				Desviación estándar	4,3
				Coeficiente de variación	3,47

Resultado de la Base cojín plancha

El material de este elemento es el acero *ASTM A36* donde se obtuvo un promedio en su dureza Brinell de 98, se detalla los valores conseguidos se especifican en la *Tabla 27*.

Tabla 27.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Base cojín plancha

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
4	050349199520181228-EDB04	22,3	54,7	Medición 1	96
				Medición 2	99
				Medición 3	98
				Medición 4	99
				Medición 5	100
				Promedio	98
				Desviación estándar	1,52
				Coeficiente de variación	1,54

Resultado del Anclaje asiento al piso

Los ensayos mecánicos realizados arrojaron como resultado una dureza Brinell de 174, considerando que su material base es el acero *ASTM A36*, se detalla los resultados en la *Tabla 28.*

Tabla 28.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Anclaje asiento piso

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
5	050349199520181228-EDB05	22,3	54,8	Medición 1	174
				Medición 2	178
				Medición 3	178
				Medición 4	167
				Medición 5	171
				Promedio	174
				Desviación estándar	4,72
				Coeficiente de variación	2,72

Resultado de tubo base cuadrado posterior y frontal

Dentro de los ensayos realizados en CFPMC para el tubo cuadrado posterior y frontal se obtuvo como resultado una dureza Brinell de 104 en un material base acero ASTM A500. El valor obtenido se aprecia en la *Tabla 29.*

Tabla 29.
Resultado ensayo de Dureza Brinell Tubo base cuadrado posterior y frontal

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
6	050349199520181228-EDB06	22,6	53,1	Medición 1	98
				Medición 2	103
				Medición 3	105
				Medición 4	106
				Medición 5	110
				Promedio	104
				Desviación estándar	4,39
				Coeficiente de variación	4,21

Resultado de tubo cuadrado base frontal

En la *Tabla 30*. Se aprecia los resultados del ensayo mecánico de dureza Brinell de Tubo base cuadrado base frontal., el material ensayado es el acero *ASTM A500* que posee una dureza promedio de 93.

Tabla 30.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Tubo cuadrado base frontal

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
7	050349199520181228-EDB07	22,9	52	Medición 1	91
				Medición 2	92
				Medición 3	95
				Medición 4	98
				Medición 5	91
				Promedio	93
				Desviación estándar	3,05
				Coeficiente de variación	3,27

Resultado de Platina grande de chupete

Este elemento es de un acero *ASTM A36* del que se obtuvo un valor de dureza Brinell de 146. En la *Tabla 31* se detalla los valores de las mediciones en las 5 probetas ensayadas.

Tabla 31.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de platina grande de chupete

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
8	050349199520181228-EDB08	23	53	Medición 1	147
				Medición 2	149
				Medición 3	141
				Medición 4	152
				Medición 5	142
				Promedio	146
				Desviación estándar	4,66
				Coeficiente de variación	3,19

Resultado de Platina

Dentro de los ensayos de dureza Brinell hecho al grupo de probetas se obtuvo como resultado un promedio de 122. Los valores de todas las mediciones se detallan en la *Tabla 32.*

Tabla 32.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Platina

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
9	050349199520181228-EDB09	24	51,6	Medición 1	122
				Medición 2	123
				Medición 3	122
				Medición 4	123
				Medición 5	119
				Promedio	122
				Desviación estándar	1,64
				Coeficiente de variación	1,35

Resultado de Angulo anclaje

Este elemento es de un material de acero *ASTM A36* del cual al realizar los ensayos de dureza se obtuvo un promedio en su dureza de 141 especificados en la *Tabla 33.*

Tabla 33.

Resultado ensayo de Dureza Brinell de Ángulo anclaje

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
10	050349199520181228-EDB010	23,1	52,3	Medición 1	136
				Medición 2	140
				Medición 3	134
				Medición 4	145
				Medición 5	151
				Promedio	141
				Desviación estándar	6,91
				Coeficiente de variación	4,89

Resultado de tubo redondo apoya pies

Este elemento del asiento es del material Acero al carbono el mismo que sometido a los ensayos de dureza arrojó como resultado en su promedio de 184. La medición de las probetas se especifica en la *Tabla 34.*

Tabla 34.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Tubo redondo apoya pies

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
11	050349199520181228-EDB011	23,3	50,7	Medición 1	187
				Medición 2	181
				Medición 3	184
				Medición 4	186
				Medición 5	184
				Promedio	184
				Desviación estándar	2,3
				Coeficiente de variación	1,25

Resultado de Soporte espaldar base

En la *Tabla 35* se detalla los resultados de los ensayos de dureza Brinell en este elemento, el mismo que es de un material de Acero al carbono. De los datos relevantes está el promedio de la dureza que es de 151.

Tabla 35.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Soporte espaldar y base

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
12	050349199520181228-EDB012	23,7	49	Medición 1	147
				Medición 2	149
				Medición 3	152
				Medición 4	156
				Medición 5	150
				Promedio	151
				Desviación estándar	3,42
				Coeficiente de variación	2,27

Resultado de Soporte espaldar base

Los ensayos realizados en el material *ASTM A36* de este elemento dieron como resultado un valor de dureza Brinell de 97, en la *Tabla 36* se detalla las mediciones en cada una de las cinco probetas utilizadas.

Tabla 36.

Resultado ensayo de Dureza Brinell de Conexión espaldar

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
13	050349199520181228-EDB013	23,9	48,4	Medición 1	97
				Medición 2	100
				Medición 3	98
				Medición 4	94
				Medición 5	94
				Promedio	97
				Desviación estándar	2,61
				Coeficiente de variación	2,7

Resultado de Varilla eje izquierdo o derecho

En la *Tabla 37.* Se aprecia los resultados del ensayo mecánico de dureza Brinell de la varilla del eje izquierdo o derecho, el material es un acero *ASTM A36* que posee una dureza promedio de 95.

Tabla 37.

Resultado ensayo de Dureza Brinell de Varilla eje izquierdo o derecho

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
14	050349199520181228-EDB014	23,9	48	Medición 1	92
				Medición 2	90
				Medición 3	100
				Medición 4	100
				Medición 5	92
				Promedio	95
				Desviación estándar	4,82
				Coeficiente de variación	5,08

Resultado de Varilla lisa refuerzo espaldar

Este elemento está compuesto de un material *ASTM A36,* en el cual se realizó los ensayos de dureza Brinell para su validación del cual se obtuvo un promedio de 114. Las mediciones de las cinco probetas son descritas en la *Tabla 38.*

Tabla 38.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Varilla lisa refuerzo espaldar

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
15	050349199520181228-EDB015	24,1	47,9	Medición 1	110
				Medición 2	106
				Medición 3	115
				Medición 4	118
				Medición 5	120
				Promedio	114
				Desviación estándar	5,76
				Coeficiente de variación	5,06

Resultado de Soporte anclaje

De un material ASTM A36 en el cual se efectuaron los ensayos de dureza Brinell, en el cual su dureza Brinell es 139 se especifica los valores de mediciones en la *Tabla 39.*

Tabla 39.
Resultado ensayo de Dureza Brinell de Soporte anclaje

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza Brinell	
16	050349199520181228-EDB016	23,3	50,8	Medición 1	136
				Medición 2	134
				Medición 3	143
				Medición 4	139
				Medición 5	141
				Promedio	139
				Desviación estándar	3,65
				Coeficiente de variación	2,63

Validación de las uniones soldadas

En el estudio de las uniones soldadas los valores obtenidos después de los respectivos ensayos se registran en tablas, que permitan obtener un adecuado análisis y a posterior un completo entendimiento de los mismos.

Ensayo de dureza en las uniones soldadas

Luego de realizarse los ensayos de dureza Vickers en dos probetas de material *ASTM A500* bajo la norma *NTE INEN-ISO 6507-1* en las uniones soldadas que fueron efectuadas bajo el proceso de soldadura MIG con un material de aporte ER70S-6 se obtuvo los siguientes resultados, que se detalla en la *Tabla 40.* De la unión soldada obtenemos tres valores de mediciones de cada una de sus zonas.

En la primera probeta el valor de la dureza Vickers en la zona de fusión es 200,7, en la zona térmicamente afectada por la soldadura es de 187,9 y en la zona del material base es de 140,5.

En la segunda probeta el valor de la dureza Vickers en la zona de fusión es 199,1, en la zona térmicamente afectada por la soldadura es de 183,5 y en la zona del material base es de 134,5.

En la *Tabla 41* se aprecia la impresión del indentador de la unión soldada para realizar la medición de la dureza Vickers, además se aprecia las tres zonas de la soldadura

Tabla 40.

Registro de medición de ensayo de dureza Vickers en las uniones soldadas de un material base ASTM A500.

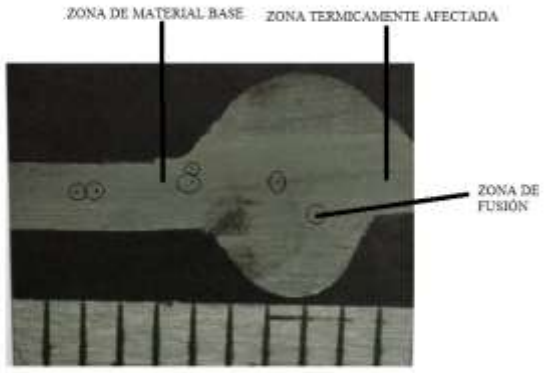
Probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza VICKERS (HV1)
1	Fusión	22,3	57,2	96,12	96,12	200,7
	Térmicamente afectada			99,35	99,35	187,9
	Material Base			115,43	114,35	140,5
2	Fusión	21,7	64,1	87,02	96,00	199,1

Térmicamente afectada	101,21	99,87	183,5
Material base	123,91	110,89	134,5

Tabla 41.

Imagen de uniones soldadas para la medición de dureza Vickers en un material ASTM A500

Probeta 1



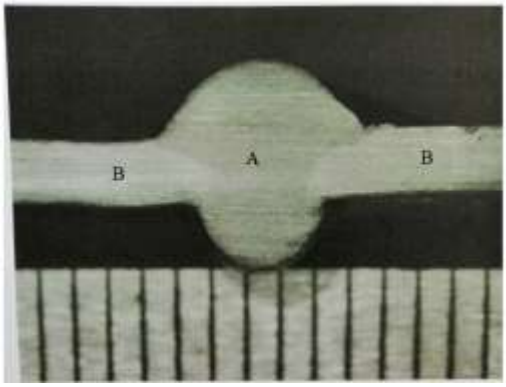
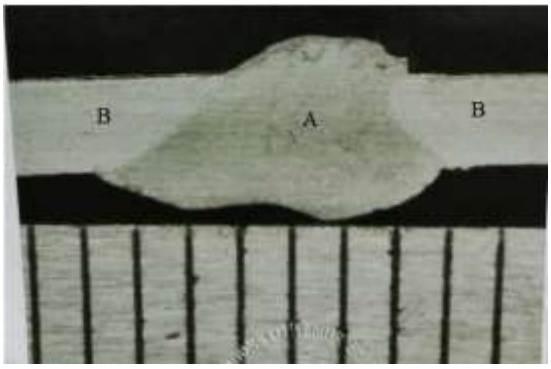
Probeta 2

Ensayo de macrografía en uniones soldadas.

Estos ensayos se realizaron según la norma *ISO 17639:2003,* que es utilizada para ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos, además de exámenes macroscópicos y microscópicos de soldaduras. En este ensayo se utilizó una Composición del atacante Nital / 4%

de ácido nítrico para poder identificar las zonas a ser ensayadas bajo el ensayo de dureza Brinell. Esta macrografía tiene como finalidad verificar las posibles fallas que podrían existir en el cordón de la unión de soldadura representada con la letra A y la materia base se representa con la letra B y presentan una homogeneidad según las imágenes que se adjuntan la *Tabla 42*.

Tabla 42.
Macrografía de las probetas ASTM A500

MACROGRAFIA	
ACERO ASTM A500	
PROBETA 1	
PROBETA 2	

Ensayos de tracción en las uniones soldadas.

Los ensayos fueron desarrollados bajo la norma *ISO 6892-1*. Que hace referencia a el Ensayo de tracción Material base, para poder validar y garantizar el proceso de soldadura MIG tanto en

aceros *ASTM A36 y A500,* utilizados para la manufactura de la estructura para asientos de buses de pasajeros de buses interprovinciales

Resultados Ensayo de Tracción

En las siguientes *Tabla 43* y *Tabla 44* se puede apreciar los valores resultantes de los ensayos a tracción realizados en un acero *ASTM A500,* se señala que cada tabla anteriormente mencionada corresponde a dos grupos diferentes de probetas.

En la *Tabla 43* se puede apreciar que la resistencia a la tracción soportada por la probeta 1 que es de 119,42 N cabe mencionar que el material de la probeta un ASTM A500, en la probeta 2 la resistencia a la tracción tiene un valor 83,42 N. En la *Tabla 44* se puede ver el valor de la resistencia a la tracción de la probeta 3 es de 148,42N, además se puede ver que el valor de la probeta 4 es muy inferior debido a que esta probeta no estuvo completamente soldada, pero se efectuó el ensayo.

En la *Tabla 45* se tiene los valores de la resistencia a la tracción en la probeta 1 es de 311,44 N, en la probeta 2 es de 301,92 N, cabe señalar que estos ensayos son de un material ASTM A36 con un espesor de 4 mm.

Tabla 43.
Ensayos de Tracción Acero ASTM A500, en un proceso de soldadura MIG.

Identificación de la probeta		**Fuerza Máxima**	**Fuerza de Fluencia (N)**	**Fuerza de rotura (N)**	**Resistencia a la Tracción**	**Límite de Fluencia (MPa)**	**Resistencia a la Rotura (MPa)**
Probeta 1		14864,52	12636,66	13586,50	119,42	101,52	109,15
Probeta 2		12764,46	11243,45	10642,31	83,42	73,48	69,55
	Promedio $\overline{X}$	13814,490	11940,055	12114,405	101,421	87,501	89,352
	Desviación estándar S_{n-1}	1484,967	985,148	2081,857	25,453	19,827	28,000
	Coeficiente de variación CV	10,75	8,25	17,18	25,10	22,66	31,34

Tabla 44.
Ensayos de Tracción Acero ASTM A500, en un proceso de soldadura MIG.

Identificación de la probeta		Fuerza Máxima	Fuerza de Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)
Probeta 3		14489,00	12721,86	13026,37	148,42	130,32	133,44
Probeta 4		9967,01	9236,48	8649,54	88,73	82,22	77,00
	Promedio $\overline{X}$	12228,005	10979,170	10837,955	118,574	106,271	105,218
	Desviación estándar S_{n-1}	3197,530	2464,536	3094,886	42,209	34,008	39,908
	Coeficiente de variación CV	26,15	22,45	28,56	35,60	32,00	37,93

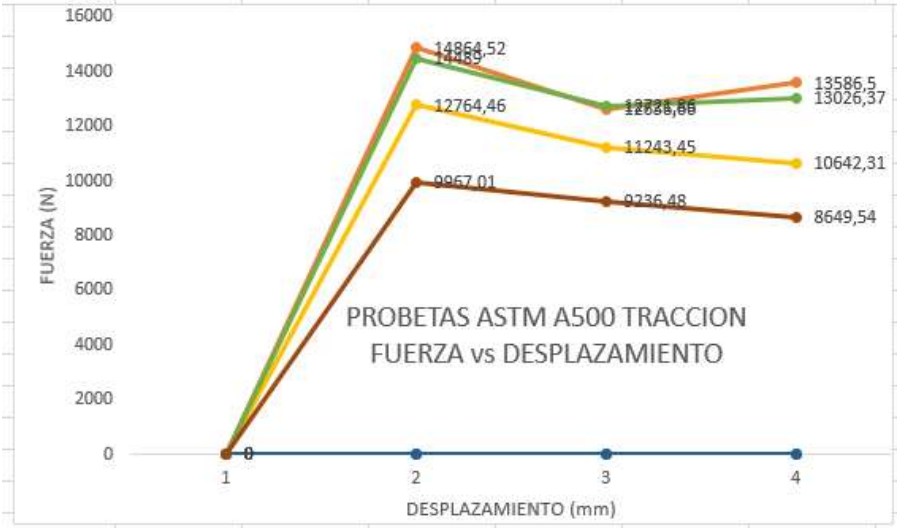
Tabla 45.
Ensayos de Tracción Acero ASTM A36, en un proceso de soldadura MIG

Identificación de la probeta		Fuerza Máxima	Fuerza de Fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a la Rotura (MPa)
Probeta 1		80800,1	55550,01	69500,01	311,44	214,11	267,88
Probeta 2		86800,01	64600,01	82050,01	301,92	224,7	285,4
	Promedio $\overline{X}$	83800,010	60075,010	75775,010	306,681	219,409	276,642
	Desviación estándar S_{n-1}	4242,641	6399,316	8874,190	6,728	7,488	12,387
	Coeficiente de variación CV	5,06	10,65	11,71	2,19	3,41	4,48

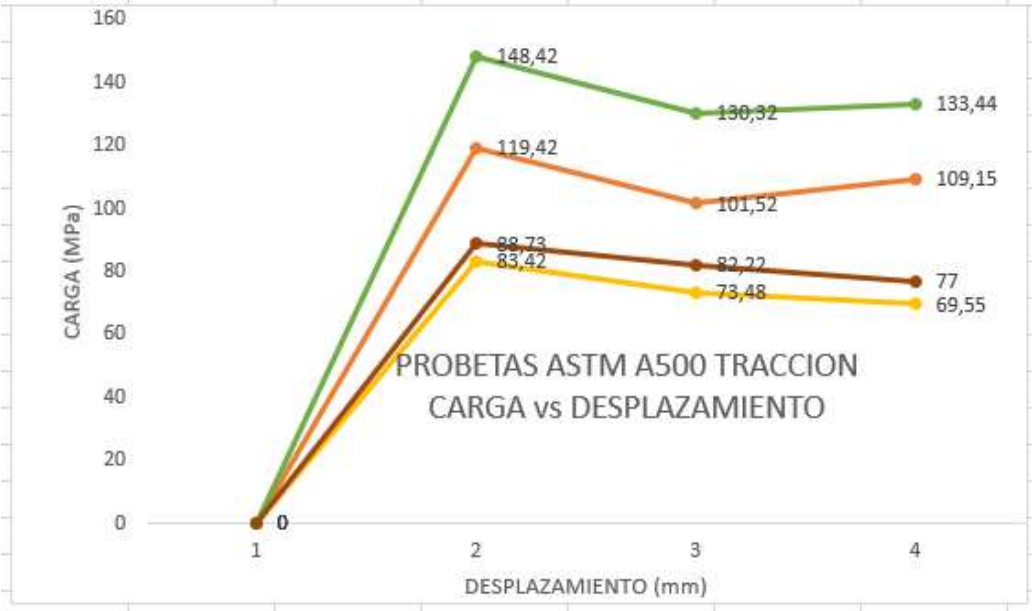
La *Tabla 46* representa el reporte gráfico de los ensayos a tracción de las probetas ensayadas, en la que se detalla las fuerzas y cargas de los ensayos además se especifica en material base. También se hace referencia a cada probeta con un color para poder apreciar las diferentes variaciones, estos resultados son tomados de las Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45 las mismas que hacen referencia a cada uno de las fuerzas aplicadas y los resultados de las cargas obtenidas.

Tabla 46.
Graficas de Carga y Fuerza del ensayo a tracción de las probetas de uniones soldadas.

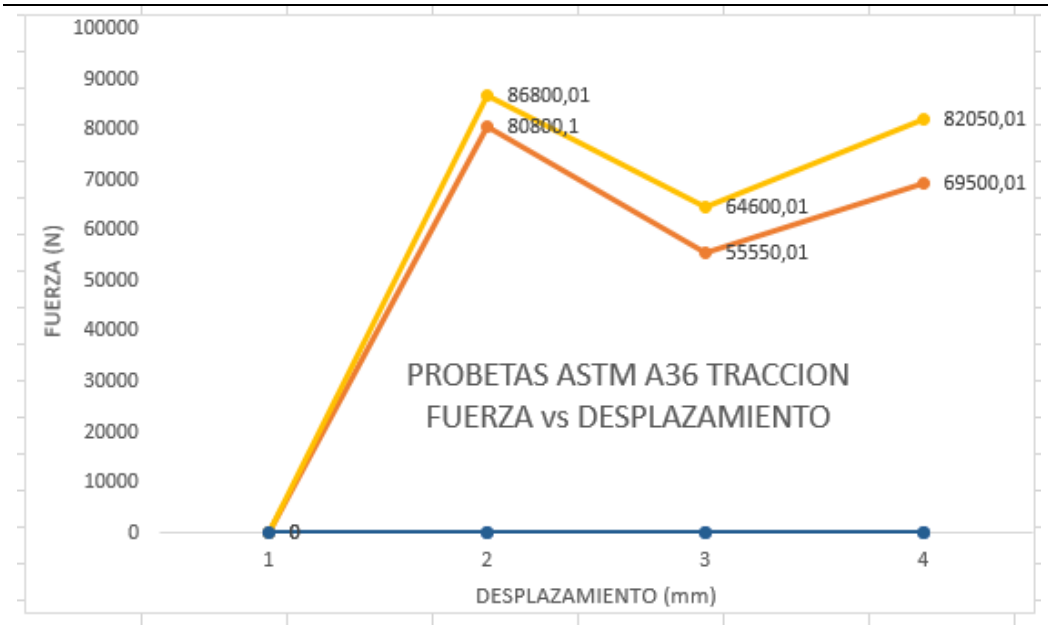
GRAFICA FUERZA (N)
IDENTIFICACION DE LA PROBETA ASTM A500
Probeta 1 COLOR NARANJA
Probeta 2 COLOR AMARILLO
Probeta 3 COLOR VERDE
Probeta 4 COLOR CAFE



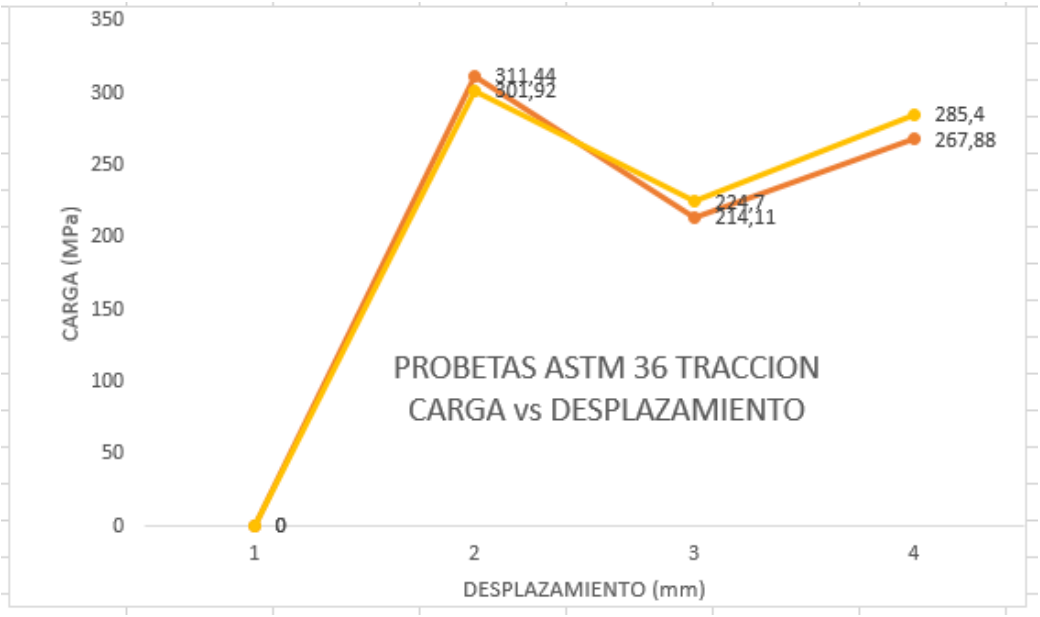
GRAFICA CARGA MPa
IDENTIFICACION DE LA PROBETA ASTM A500
Probeta 1 COLOR NARANJA
Probeta 2 COLOR AMARILLO
Probeta 3 COLOR VERDE
Probeta 4 COLOR CAFE



GRAFICA FUERZA (N)
IDENTIFICACION DE LA PROBETA ASTM A36
Probeta 1 COLOR NARANJA
Probeta 2 COLOR AMARILLO



GRAFICA CARGA MPa
IDENTIFICACION DE LA PROBETA ASTM A36
Probeta 1 COLOR NARANJA
Probeta 2 COLOR AMARILLO



Resultados simulación computacional

Dentro del estudio de las uniones soldadas se realizó el estudio con un software para las probetas de material ASTM A500 Y ASTM A36, donde se puede visualizar en escalas de colores que van desde el color rojo que representa la tensión o deformaciones altas hasta el color azul que representa la tensión o deformación minina.

La *Figura 34* representa la simulación de la probeta 1 de un material base ASTM A36 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 80800,01 N, este dato de fuerza máxima se ha tomado de los datos brindados por el informe del laboratorio del CFPMC, en la representación se puede observar la tensión máxima que es 640,9 MPa y la tensión mínima de 216,9 MPa.

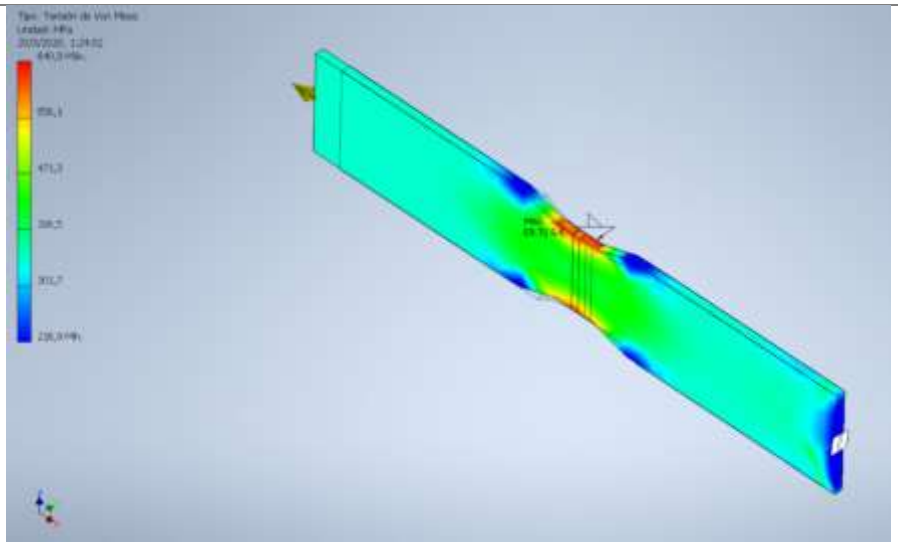


Figura 34. *Simulacion de la probeta 1 del acero ASTM A36*

En la Figura 35 se aprecia la simulación de la probeta 2 de un material base ASTM A36 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 86800,01 N, este dato de fuerza máxima se ha tomado de los datos brindados por el informe del laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua, en la imagen se puede observar la tensión máxima que es 688,5 MPa y la tensión mínima de 233MPa.

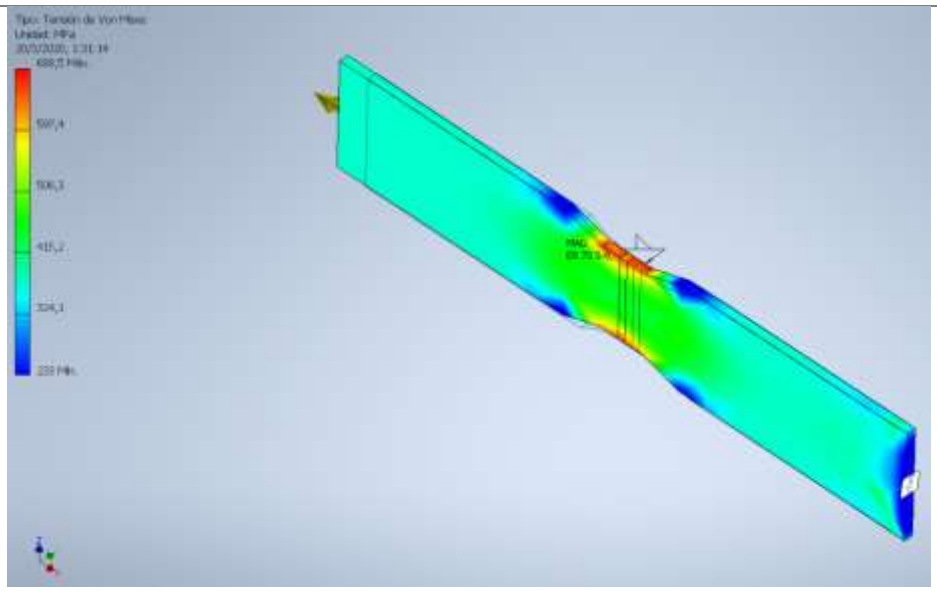


Figura 35. *Simulacion de la probeta 2 del acero ASTM A36*

En la Figura 36 se visualiza el resultado de la simulación de la probeta 1 de un material base ASTM A500 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 14864,52 N, este dato de fuerza máxima se ha cogido de los datos brindados por el informe del laboratorio del CFPMC donde se puede observar la tensión máxima que es 420,5 MPa y la tensión mínima de 208 MPa.

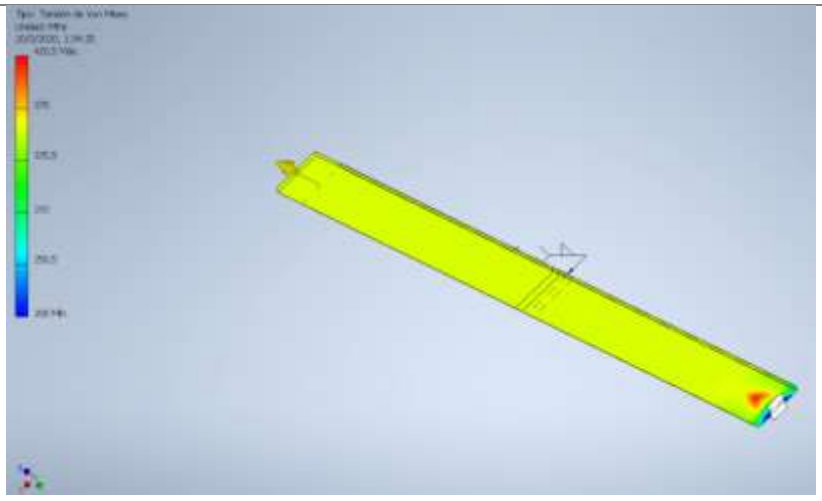


Figura 36. *Simulacion de la probeta 1 del acero ASTM A500*

En la *Figura 37* se observa las tensiones máximas y mínimas de la probeta 2 del acero ASTM A36 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 12764,45 N, el dato es obtenido del informe del

laboratorio del CFPMC, el valor máximo de tensión que es el de color rojo es de 361,1 MPa y la tensión mínima que representa el color azul es de 178,6 MPa.

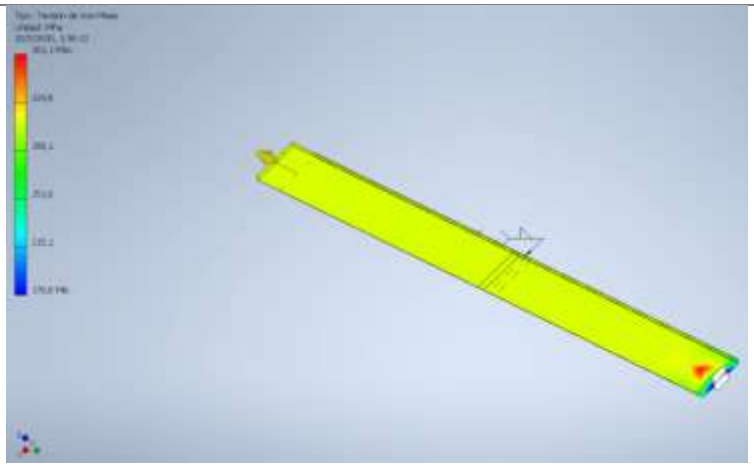


Figura 37. *Simulacion de la probeta 2 del acero ASTM A500*

La *Figura 38* representa la simulación de la probeta 3 de un material base ASTM A36 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 14489,9 N, este dato de fuerza máxima se adoptó de los datos brindados por el informe de ensayos de tracción del laboratorio del CFPMC de Tungurahua, se observa que la tensión máxima que es 409,9 MPa y la tensión mínima de 202,8 MPa.

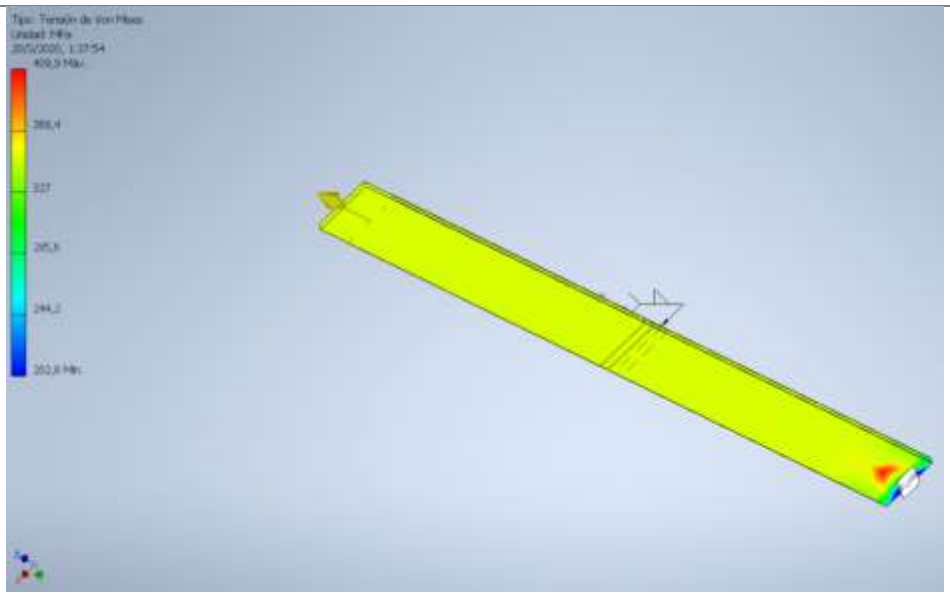


Figura 38. *Simulacion de la probeta 3 del acero ASTM A500*

La *Figura 39* diagrama la simulación de la probeta 4 de un material base ASTM A36 a la cual se a aplica una fuerza máxima de 9967,01 N, este dato de fuerza máxima se ha tomado de los ensayos de tracción del laboratorio del CFPMC de Tungurahua donde se puede observar la tensión máxima en color rojo que es 281,9 MPa y la tensión mínima de 139,5 MPa.

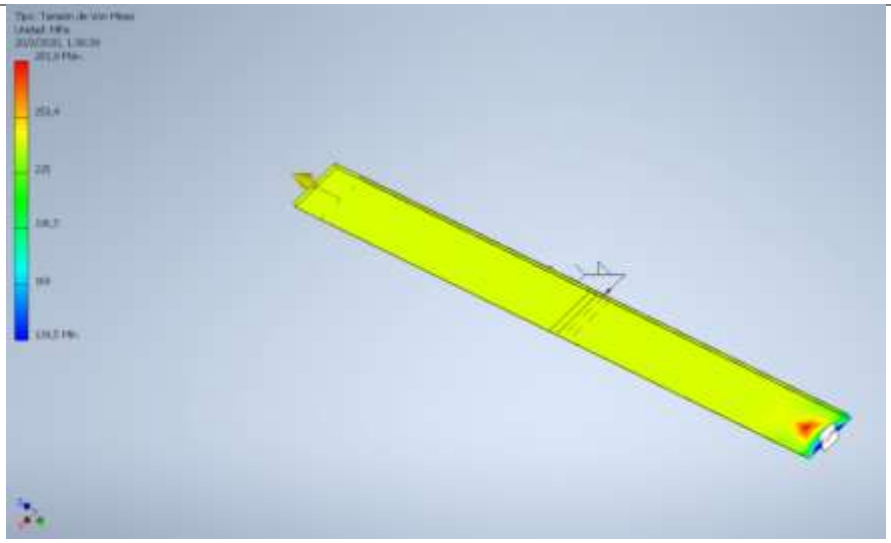


Figura 39. *Simulacion de la probeta 4 del acero ASTM A500*

En la *Tabla 47* se aprecia los valores maximos y minimos de tension obtenidos en la simulacion computacional.donde se detalla el número de probeta y el material base.

Tabla 47

Resumen de valores máximos y valores mínimos de tensión obtenidos en software

PROBETA	MATERIAL	VALOR MAXIMO DE TENSION	VALOR MINIMO DE TENSION
Probeta 1	ASTM A36	640,9 MPa	216,9 MPa
Probeta 2	ASTM A36	688,5 MPa	233 MPa
Promedio probeta ASTM A36		**664,7 MPa**	**224,95 MPa**
Probeta 1	ASTM A500	420,5 MPa	208 MPa
Probeta 2	ASTM A500	361,1 MPa	178,6 MPa
Probeta 3	ASTM A500	409,9 MPa	202,8 MPa
Probeta 4	ASTM A500	281,9 MPa	139,5 MPa
Promedio probeta ASTM A500		**278,35 MPa**	**182,225 MPa**

Análisis y discusión de resultados

Dentro del estudio inicial se debe seleccionar la norma adecuada para partir al estudio de la materia prima, y con ello simplificar el trabajo propuesto para su conformidad. La norma NTE INEN ISO 6506-1, que establece parámetros de aceptación para las probetas a ser ensayadas las mismas que son etiquetadas y dadas una descripción que si cumplen criterios dimensionales para a posterior ser ensayadas. Además, dentro de la norma antes mencionada hace referencia al tiempo al cual va a estar sometida la probeta al ensayo.

También, se puede acotar que la dureza es la propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. Es decir, la resistencia que opone un cuerpo a ser rayado o penetrado por un cuerpo más duro. En el presente estudio se puede evidenciar que 11 de los 16 elementos que conforman la estructura de un asiento de buses interprovinciales son de material ASTM A36 estos elementos se puede se puede apreciar en la Tabla 48 donde se detalla la dureza promedio obtenida luego de las 5 mediciones realizadas en cada una de las probetas. Donde el valor máximo de dureza entre estos elementos en mención es del Anclaje resorte T con un valor de 200 HB y el valor de dureza mínimo se denota en la Varrilla eje izquierdo o derecho que tiene un valor de 95 HB, en comparación con estudios relacionados a los mismas aplicaciones en el cual también se realizó ensayos de dureza Brinell con referencia al acero ASTM A36 donde se determinó valores promedios de 113,50 en la parte del material base o MB estas mediciones de dureza Brinell se especifica en la *Tabla 10* (Icaza, 2019). Este valor promedio tomado del trabajo en mención se puede relacionar con los valores de la varrilla lisa resfuerzo espaldar que tiene un valor promedio de 114 HB, estos valores promedios y mediciones se puede apreciar en la *Tabla 38*, teniendo en cuenta que solo el valor de varia 0,5 HB entre los dos estudios se podria considerar que son

semejantes, cabe mencionar que el presente estudio y el anterior en mencion han sido realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecanico Carrocero de Tungurahua.

Tabla 48

Resultado de dureza Brinell de un material ASTM A36

N°	Identificación de la Probeta	Dureza Brinell Promedio	Material
1	Base cojín posterior	134	ASTM A36
2	Anclaje resortes T	200	ASTM A36
3	Refuerzo espaldar platina	124	ASTM A36
4	Base cojín plancha	98	ASTM A36
5	Anclaje asiento piso	171	ASTM A36
6	Platina grande de chupete	146	ASTM A36
7	Platina	122	ASTM A36
8	Ángulo anclaje	141	ASTM A36
9	Varilla eje izquierdo o derecho	95	ASTM A36
10	Varilla lisa refuerzo espaldar	114	ASTM A36
11	Soporte anclaje	139	ASTM A36

Dentro de la investigacion de ensayos de dureza Brinell que utilizó una bola de 2,5 mm y una carga de 187,5 Kp en tres probetas diferentes con 5 mediciones que se puden apreciar en la *Tabla 11* para un material A36 estas tres probetas toman valores promedios de 138 HB, 128HB y 137HB (Suárez A, 2006) Comparando con los resultados obtenidos en la presente investigacion que se especifica en la *Tabla 48* se puede cotejar valores similares como en la base cojin posterior con un valor de 134 HB, en el Refuerzo espaldar platina con un valor de 124 HB y en la Platina con un valor de 122 HB.

Cabe señalar que se puede tomar medidas de dureza en materiales que han sido sometidos a un tratamiento térmico estos valores de dureza Brinell se detallan en la *Tabla 9,* en los resultados se puede comparar y concluir que al aplicar calor o un tratamiento termico a un material base su dureza tendra un aumento considerable (Pereira Juan, 2010). En este estudio se analizó la dureza en una unión soldada especificamente del material *ASTM A500* donde se tomo mediciones en las tres zonas de una soldadura (fusión, termicamente afectada y material base) en la cual arrojo valores de dureza Vickers en el material base de 134,5 HV y 140,5 HV y haciendo

una referencia al *Anexo 1* donde se puede apreciar que la dureza Brinell y la dureza Vickers tienen valores similares.

Dentro del análisis de las uniones soldadas se realizó el ensayo de dureza Vickers para el material A500 bajo el proceso de soldadura MIG en cual se analizan y se toman medidas de la zona de fusión, térmicamente afectada y el material base en la *Figura 10* se puede apreciar los valores de la Dureza Rockwell en las zonas antes mencionadas, además en el estudio hace referencia a los diferentes cambios en las propiedades que la probeta sufre después del proceso de soldadura ya sea dentro de la soldadura en si como en las zonas periféricas, con estos antecedentes la dureza va a sufrir variaciones especialmente en la zona de fusión (Melgarejo Mónica, 2013). En mención al proyecto se puede evidenciar las zonas de afectación térmica en las probetas de material ASTM A500 en la *Tabla 41* donde se puede ver la indentación del Micro-durómetro, además en la *Tabla 49* se aprecia los valores de variación en el material base antes y después de ser soldado.

En la *Tabla 9* se aprecia que los tratamientos térmicos T4 y T6 aumentaron significativamente en resistencia a la fluencia, resistencia a la traccion y en la dureza. Dentro de los resultados obtenidos de dureza Brinell en el tratamiento termico T4 tuvo un aumento de 116,2%, mientras que con el tratamiento termico T6 tuvo un aumento de dureza en un 235,1% en relacion con la valores iniciales (Pereira Juan, 2010). En este proyecto se puede apreciar en la *Tabla 40* valores en ensayos de dureza Vickers de dos uniones soldadas de un material *ASTM A500* donde en la primera probeta se tiene un valor en la zona de fusión de 200,7HV y en la zona del material base un valor de 140,5HV. En la segunda probeta se tiene un valor en la zona de fusión de 199,1HV y en la zona de material base un valor 134,5 HV dando como variación entre las dos zonas para la primera probeta de 70 % y en la segunda probeta una variación de 67,5%.

En el presente estudio se realizó las mediciones de dureza Brinell en cada uno de los materiales base o materia prima del cual vamos a citar el Tubo cuadrado posterior y frontal que tiene un promedio de 104 HB y se hace incapie a este estudio debido a que de este elemento se realizó el análisis de dureza Vickers de las uniones soldadas del cual se va a tomar los valores de la zona de fusión, de la zona termicamente afectada y de la zona de fusión, En la *Tabla 49* se especifica los valores de dureza Brinell y Vickers antes y despues de ser soldados. Se señala que los valores en la caonversion de dureza Brinell y Vickers son semejantes en su equivalencia por lo puede considerar que la dureza Brinell y dureza Vickers son numéricamente igules, por lo que se puede evidenciar que los valores del material base sin ser afectados termicamente por la soldadura es mucho menor al material base afectado por la soldadura de igual manera la dureza Vicker tiene un aumento en la zona termicamente afecta y en la zona de fusión. Estas zonas en mensión se pueden observar en la *Tabla 41.*

Tabla 49.

Valores de Dureza Brinell y Dureza Vickers de un material ASTM A500

Material y especificacion del elemento	Valor de dureza Brinell en el material base sin afectación de soldadura	Valor de dureza Vickers en la zona de fusión con afectación de soldadura	Valor de dureza Vickers en la zona termicamente afectada con afectación de soldadura	Valor de dureza Vickers en la zona de fusión con afectación de soldadura
Probeta 1 ASTM A500/ Tubo base cuadrado posterior y frontal	104 HB	200,7 HV	187,9 HV	140,5 HV
Probeta 2 ASTM A500/ Tubo base cuadrado posterior y frontal	104 HB	199,1 HV	183,5 HV	134,5 HV

En la *Tabla 48 y Tabla 50* se denota los elementos que componen la estructura de un asiento de pasajero de un bus interprovincial además se observa el valor de la dureza y el tipo de material, en el *Anexo 12* se puede observar que el acero ASTM A36 en láminas y barras tiene la propiedad de la dureza Brinell en un rango de 120HB -135 HB, lo que se puede referenciar de las

dos comparativa es que en la *Tabla 48* el elemento base cojín posterior ángulo corredizo que tiene una dureza de 134 HB y la Platina que tiene una dureza de 122HB cumplen con el rango de los valores de la propiedad de la dureza Brinell dados en el anexo en mención.

Tabla 50

Resultado de dureza Brinell en un material ASTM A500 y Acero al carbono.

N°	Identificación de la Probeta	Dureza Brinell Promedio	Material
1	Tubo base cuadrado posterior y frontal	104	ASTM A500
2	Tubo cuadrado base frontal	93	ASTM A500
3	Tubo redondo apoya pies	184	Acero al carbono
4	Soporte espaldar y base	151	Acero al carbono
5	Conexión espaldar	97	Acero al carbono

En el proceso de soldadura al analizar los perfiles de micro dureza en una unión soldadas AA6261-T5 se identificó el punto de dureza mínima a una distancia de 3.5 mm de perfil de fusión, lo que conlleva a una falla dentro del proceso soldadura lo que ocasionara potenciales desperfectos en posteriores ensayos especialmente en la zona de afectación térmica. En la Figura 11 se puede apreciar la dureza Vickers en la zona antes mencionada que tiene un valor 75 (Amú Maribel, 2009), en el presente proyecto se puede evidenciar los valores los variación de valores en las diferentes zonas de afectación que comprenden una soldadura estas variaciones numéricas e Ilustraciones se muestran en la *Tabla 40 y Tabla 41 respectivamente.*

Tomando en referencia a la afectación que tiene una soldadura dentro del material base y las diferentes variaciones en las propiedades intrínsecas del material en este caso la dureza se hace referencia de tres diferentes tipos de aceros F,G y E los mismo que poseen una dureza 255HV,136HV y 138HV estos aceros fueron recocidos a una cierta temperatura y se volvió a tomar mediciones de valores de su dureza en el cual se aprecia un mínima variación a la original estos valores se aprecian en la *Tabla 15* (M. POZUELO, 2004), en relación con el estudio actual la dureza Vickers entre el material ASTM A500 en la probeta 1 en la zona del material base

afectada térmicamente por la soldadura tiene una dureza de 140,5 HV, mientras que el material base sin afectación térmica tiene una dureza de 104 HB. Se puede ver los valores en la *Tabla 49*

Dentro del estudio de las soldaduras en especial de las microestructuras de la materia prima, zona afectada y del cordón de soldadura en la que revela la distribución de los micro-constituyentes en la unión soldada como el tamaño de los granos (González De León, 2008), En ensayo de macro ataque que se especifica en la *Figura 12* se distingue el material de aporte, la zona afectada térmicamente y el material base cabe señalar que el proceso por el cual se realizó la macrografía fue el de aplicar un reactivo químico para lograr identificar las zonas antes mencionadas (Melgarejo Mónica, 2013). En analogía con la investigación realizada de un material base *ASTM A500* de dos probetas las mismas que poseen una homogeneidad en su estructura en la junta soldada pudiendo identificarse la zona del material base denotada con la letra B y del cordón de soldadura con la letra A, se puede observar en la *Tabla 42.*

Dentro del estudio de las macrografías ejecutadas a las probetas de las soldaduras a tope, se puede apreciar el área del material de aporte y la zona afectada por calor (ZAC) además, se observa la penetración de la soldadura se puede apreciar en Figura 18 (Aingla Cristian, 2019), en nuestro estudio se puede apreciar las diferentes tonalidades que tienen cada una de las áreas de la soldadura se puede apreciar en la *Tabla 42.*

En las probetas de un material *ASTM A500* ensayadas ya sean de material importado o nacional se tuvo en la soldadura muestra falta de penetración en la raíz e imperfecciones, estas fallas se convierten en concentradores de esfuerzos los que aceleran la ruptura de la probeta al momento de realizar el ensayo en este caso el elemento TSN3 tiene un valor de resistencia a la tracción de 68, 69 MPa en comparativa con el elemento TSN1 que tiene un valor de 190,96MPa esto debido a la imperfección a en la soldadura. Estos valores se pueden cotejar en la *Tabla 16.*

(Aingla Cristian, 2019) en correspondencia al estudio realizado la probeta 2 de un material *ASTM A500* especificada en la *Tabla 44* no está completamente penetrada la soldadura y posee un valor de Resistencia a la Tracción de 83,42MPa en comparación con la Probeta 3 que tiene un valor de 148,42 MPa, existe una variación de un 60% en esta medición.

En la Tabla 16 se aprecia los valores de la resistencia a la tracción de seis diferentes probetas de un material A500 en el cual su valor mínimo es de 68,68 MPa y su valor máximo es de 346,36 MPa (Aingla Cristian, 2019), en la tesis actual en la que se analizó 4 diferentes probetas de un material *ASTM A36* de las cuales se tiene valor mínimo de 83, 42 MPa y el valor máximo de resistencia a la tracción es de 148,42 MPa.

En los ensayos sometidos a tracción de probetas realizadas bajo un proceso de soldadura GMAW en el acero *ASTM A36* se obtuvieron los resultados numericos que se aprecian en la *Tabla 20* donde en la probeta 1 la fuerza maxima es de 21,8KN y en la probeta 2 la fuerza maxima es de 33,55 KN (Icaza, 2019), en comparación con los valores obtenidos en la investigación que se aprecia en la *Tabla 45* donde la probeta 1 tiene una fuerza maxima de 80880,1 N y en la probeta 2 la fuerza maxima es de 86800,01 N, ademas en relacion a la resistencia a la traccion la probeta 1 tiene un valor de 311,44 MPa y la probeta 2 301,92 MPa. Ademas en el Anexo 11 se puede apreciar que la resistencia a la tracción esta en un intervalo de 400-550 MPa mientras que los valores obtenidos en los ensayos de las probetas especificados en la Tabla 45 tiene un promedio de 306,681 MPa, se podria concluir que el la resistencia a la traccio obtenida en los ensayos no cumplen con las especificaciones de la tablas dadas por los proveedores.

En el estudio que se realizó en el software se pudo observar que los valores máximos de tensión de la probeta 1 del material *ASTM A36* es de 640, 9 MPa y el valor minimo de tension es

de 216,9 MPa. El valor maximo de la tension no esta en el rango especificado por el fabricante dado en Anexo 13 donde se considera que la resistencia a la tracción osila entre 400-550MPa. El valor mínimo de la tensión tampoco esta en el rango del fabricante. Esta mis comparativa sucede en la probeta 2 del material ASTM A36 incluso el valor maximo de tension es de 688,5 MPa. Todos estos valores citados estan resumidos en la *Tabla 47*. En comparación con los datos de la *Tabla 45* donde consta los valores obtenidos en el laboratorio, se puede comparar que los datos del límite de fluencia que es de 219,409 MPa y la resistencia a la rotura que es de 276,642 MPa están en el rango del valor minimo de tensión de la simulación.

Dentro del estudio de las probetas ASTM A500 utilizando una simulación computacional se puede apreciar los valores máximo y mínimos de tensión en la *Tabla 47*, para este particular se va a sacar un promedio del valor máximo y mínimo de las cuatro probetas, donde el valor máximo de tension es de 278,35 MPa y el valor mínimo de tensión es de 182,225 MPa en comparación con los valores obtenidos en el laboratorio la resistencia a la tracción en la probeta 3 es de 148,42 MPa y su resistencia a la rotura es de 133,44 MPa estos valores son comparables a los maximos y minimos de tension en el simulador respectivamente. En comparacion con los datos brindados por IMEISA especificados en el *Anexo 13* donde consta que que la resistencia a la tracción es de 310-427MPa y el límite de fluencia es de 269-345MPa. Se puede decir que los valores obtenidos en el laboratorio no se asemejan a los valores dados por IMEISA, Los datos obtenidos en la simulación son cotejables a los datos especificados en el *Anexo 13* en especial los de la maxima tension con el limite de fluencia que es el valor al cual el materia sufre una fractura en el ensayo a tracción.

Conclusiones

Dentro de los resultados de los ensayos de dureza Brinell se puede evidenciar, que los elementos que poseen el mismo material, no poseen la misma dureza, además dentro de las especificaciones técnicas que brindan los fabricantes de materiales ferrosos no incluyen la dureza, por lo que se concluye que nuestra industria no proporciona ni garantiza los productos manufacturados, aunque poseen certificaciones que avalan la calidad de los productos. Esto abre un abanico de preguntas por dilucidar.

En el proceso de selección de las normas a utilizar dentro del proceso del estudio de la materia prima se escogió *NTE INEN ISO 6506-1*, la misma que abarca y especifica normas de producto y materiales que se relacionan dentro del estudio de los elementos de la estructura de los asientos. Cabe mencionar que la denotación de esta norma hace referencia a la dureza Brinell que nos ha servido para la conformidad de la materia prima.

Dentro del proceso de experimentación se ha tenido varios cambios debido al alcance planteado dentro del estudio se debido cambiar en normas de estudio, para cumplir con conformidades y validaciones, este cambio se lo realizó conjuntamente con los representantes del centro de fomento carrocero de Tungurahua.

Se resolvió que dentro de un proceso industrial se debe tener la materia prima validada, seguido de un proceso de soldadura especificado y sobre todo el talento humano adecuado que posea un WPQ para que el un producto manufacturado sea de óptima calidad y cumpla con estándares de calidad y seguridad.

El proceso de soldadura por el cual se va a realizar las uniones soldadas es el MAG, el mismo que garantiza una cohesión entre materiales, debido a sus características de poder trabajar de tres formas distintas, manual, semiautomática o automática, además de ser característico en espesores

pequeños y medios en estructuras de acero, aleaciones de aluminio, y también para materiales no ferrosos, lo que ha garantizado el proceso.

Dentro del proceso de soldadura se puedo evidenciar algunas fallas sobre todo a la falta de penetración por lo que algunas probetas fueron desechadas por lo que es fundamental realizar una inspección visual con lo que se optimizara recursos en los ensayos posteriores. En los ensayos destructivos se pudo observar que las uniones soldadas de las probetas ensayadas pasaron la prueba dando así validez al proceso practicado por la empresa auspiciante especialmente en las macrografías ya que se pudo apreciar una perfecta cohesión de la materia prima con el material de aporte.

Lo que se buscó en la investigación es aportar a la industria ecuatoriana indicios para mejorar tanto en calidad y seguridad en los productos manufacturados además dar una primicia para normar el proceso de la construcción de los asientos de buses ya que Ecuador no posee una norma específica para el proceso mencionado, con ello se pretende competir con el mercado internacional.

Con el análisis de datos y observando el proceso por el cual se fabrica un asiento, se puede comprobar que aun la Industria Ecuatoriana posee métodos rudimentarios en las manufacturas. Lo que nos hace ser inferiores en calidad y seguridad con industrias automotrices de la región.

En la ejecución del análisis con el software de las probetas de las uniones soldadas se puedo apreciar que los valores son altos en comparación con los obtenidos en el laboratorio debido a que se trabaja con condiciones ideales, pero se debe recalcar que algunos datos adquiridos si se igualan a los de anteriores trabajos citados y a los ensayos realizados en el actual proyecto por ello se podría decir que las uniones soldadas de los asientos de buses interprovinciales si

cumplen con su validación. Además, se debe considerar que el asiento es un elemento estático que no va sufrir esfuerzos dinámicos que puedan dañar su estructura.

Todos los estudios realizados para la validación tanto de la materia prima como para las uniones soldadas se la contado con la asesoría del CFPMC de Tungurahua. Debiendo resaltar que dentro del país no se ha realizado estudios similares.

Recomendaciones

Se recomienda difundir la información para entender que Ecuador aún está en etapa cremento industrial, debido a que los productos manufacturados se los hace artesanalmente y no sujetos a normas y especificaciones que deben ser el eje primordial para la fabricación de cualquier bien.

Dentro de los ensayos realizados tanto en la materia prima como en las uniones soldadas para su validación se pudo apreciar que existen una infinidad de ensayos que se podrían realizar ya que el asiento posee 16 elementos estructurales, además una infinidad de tipos de uniones, cabe señalar que la provincia de Tungurahua con su centro de fomento carrocero es pionero en el país dentro de la industria carrocera de buses, lo que recomienda es impulsar estudios posteriores dentro de los asientos de buses ya que es un campo no investigado a profundidad.

Desarrollar y proponer temas en los elementos móviles y en los anclajes dentro del asiento de pasajeros de buses interprovinciales para obtener un mayor enfoque dentro de la calidad y seguridad de un asiento en la industria ecuatoriana.

Referencias

A. Monsalve, A. A. (2013). Determinación de la tensión de laminación en caliente a partir de ensayos de tracción. *ResearchGate*, 13.

Aingla Cristian, P. P. (2019). *CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEROS UTILIZADOS EN LAS ESTRUCTURAS DE CARROCERIAS EN VEHICULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS.* QUITO: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.

Amú Maribel, F. F. (2009). MICROESTRUCTURA Y PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR DE LA UNION SOLDADA DE LA ALEACION 6261-T5. *REVISTA LATINOAMERICA DE METALURGIA Y MATERIALES*, 8.

AWS. (2001). AWS A3.0:2001. *American Welding Society*, 172.

AWS. (2016). *CODIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL-LAMINA DE ACERO AWS D1.3.* AWS.

CANFAC. (2014). INFORME DIAGNÓSTICO DEL SECTOR CARROCERO. *CANFAC*, 18.

CAPA, V. (2009). *DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS.* Quito: ESCUELA POLITECNIA NACIONAL.

Carlos Alberto Bloem, M. D. (2014). Estudio microestructural y de resistencia de uniones soldadas de la aleación AW7020 por procedimiento MIG en fundición de la preparación de bordes. *ResearchGate*, 8.

DE SOLDADURA, I. D. L. P., DE LA CURVA, E. L. P., ACERO, E. D. D. U., & LAMINADO, D. Carolina. Payares-Asprino, Holman E. Galezo O 2, Carlos Graciano3.

Careglio, C., Monge, D., Pacini, E., Mateos, C., Mirasso, A., & Garino, C. G. (2010). Sensibilidad de resultados del ensayo de tracción simple frente a diferentes tamaños y tipos de imperfecciones. *Mecánica Computacional*, *29*(41), 4181-4197.

Colmena, T. (2016). Perfil Estructural Tubular.

Gordillo, C. A. P., Guayanay, J. O. G., Cruz, K. O. C., & Barragán, V. H. G. (2016). Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas de Durabilidad para Asientos de Vehículo. *Revista Politécnica*, *37*(2), 75.

Ávila, J. (2011). *Comportamiento a la fatiga de las uniones soldadas por fricción-agitación de la aleación de magnesio AZ31B* (Doctoral dissertation, Tesis Maestría. Cali (Colombia): Universidad del Valle).

Alfaro, S. C. A., & Cayo, E. H. Detección de perturbaciones en soldadura basado en el monitoreo de la acústica aerotransportada del proceso MIG/MAG.

Franco, E. E., Meza, J. M., & Buiochi, F. (2011). Measurement of elastic properties of materials by the ultrasonic through-transmission technique. *Dyna*, *78*(168), 58-64.

González, E. Y. M., Ortiz, L. A. Q., & Castañeda, G. S. (2010). Ensayos no destructivos como herramienta para el dimensionamiento de discontinuidades en la superficie externa de tuberías. *Revista UIS Ingenierías*, *9*(2), 171-181.

ELECTRIC, L. (2016). SOLDADURA SEMIAUTOMATICA CON GAS DE PROTECCION (MIG-MAG). *LINCOLN ELECTRIC*, 40.

Niebles, E. E., Unfried, J., & Torres, J. E. (2014). METODOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DE SOLDABILIDAD EN UNIONES SOLDADAS. *Información tecnológica*, *25*(1), 03-14.

Nuñez, E. E. N., Silgado, J. U., Salcedo, J. E. T., & Londoño, A. J. R. (2017). ESTUDIO DE TRANSFORMACIONES DE FASE POR DIFRACCIÓN DE RAYOS XY MICROANÁLISIS QUÍMICO EN JUNTAS SOLDADAS AA5083-H116 CON PROCESO GMAW-P Y GAS DE PROTECCIÓN 80Ar19He1O 2 (STUDY OF PHASE TRANSFORMATIONS BY X-RAY DIFFRACTION AND ENERGY DISPERSIVE SPECTROMETRY MICROANALYSIS IN WELDED JOINTS AA5083-H116 WITH GMAW-P PROCESS AND SHIELDED GAS MIXTURE 80AR19HE1O 2). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 237-249.

Olivaresa, E. G., Díazb, V. V., Toledob, R. H., & Calderóna, R. M. Influencia de los parámetros operacionales del proceso de soldadura MIG/MAG con transferencia metálica por Corto-Circuito.

Erick Gonzalez, V. V. (2016). Análisis de la productividad del proceso de soldadura TIG Hot Wire.

Eyssautier, M. (2006). Metodología y técnicas de investigación en ciencias aplicadas.

Badea Romero, F. M., Alcalá Fazio, E., Grimaldi Pastoril, R., Ogando, A., & Aparicio Izquierdo, F. (2010). Optimización de uniones y estructuras de autobuses.

Fernández, C. B. (2015). *Caracterización geométrica de huellas de dureza Brinell mediante equipos ópticos. Modelo con microscopía confocal* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

Gonzaga Cinco, R., & Fernández Carrasquilla, J. (2006). Dependencia de las propiedades mecánicas y de la composición química en la fundición de grafito esferoidal. *Revista de Metalurgia, 2006, 42 (2). Págs. 91-102*.

Ibáñez, G., Bernardini, A., Olazagoitia, J. L., & Biera, J. ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE FATIGA EN UNIONES SOLDADAS.

Bunte, C., & Gomez, M. (2015). Characterization of semi-finished titanium alloys processed by extrusion and lamination perforation (Mannesmann process). *Matéria (Rio de Janeiro)*, *20*(3), 636-645.

de León, M. G., Martínez, M., Pertuz-Comas, A., Alvárez, L., & Arenas, M. (2008). Análisis de fatiga de juntas soldadas de acero al carbono utilizado en recipientes a presión. *Universidad Ciencia y Tecnología*, *12*(49).

González Gálvez, M. R. (2019). Ensayos mecánicos aplicados a uniones soldadas mediante suelda (SMAW; GMAW (MIG)) de autobuses de acuerdo a las normativas ISO de soldeo.

DELGADO GORDILLO, J. A. V. I. E. R. (2012). Estudio de la influencia sobre la microestructura y las propiedades mecánicas de la altura de fabricación para la aleación Ti6Al4V Eli procesada mediante la tecnología aditiva Electron Beam Melting.

Hernández Herrera, H., Cabello Eras, J. J., Goytisolo Espinosa, R., & Balbis Morejón, M. (2015). Tensiones en uniones soldadas a tope con perfiles abiertos bajo torsión. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *23*(4), 638-646.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México.

HIPOLITO, M. E. V. (2011). Efecto de las reparaciones con proceso GMAW en las propiedades mecánicas y microestructurales de uniones soldadas de aceros ASTM A633 por el proceso SAW para la fabricación de componentes estructurales de equipo pesado para minería.

Lluglla, I., & Adrián, A. (2019). Validación QA/QC del proceso de soldadura GMAW utilizado en la construcción de estructuras metálicas y/o autopartes estructurales para carrocerías de buses interprovinciales en la industria ecuatoriana.

INDURA. (2007). *Manual de sistemas y materiales de soldadura*. INDURA.

INEN. (2013). EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD – REQUISITOS PARA ORGANISMOS QUE CERTIFICAN PRODUCTOS, PROCESOS Y SERVICIOS (ISO/IEC 17065:2012, IDT). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*, 12.

INEN. (2014). *NTE INEN ISO 6506-1*. Quito: NORMA TECNICA ECUATORIANA.

INEN. (2014). *NTE INEN ISO 6507-1*. Quito: NORMA TECNICA ECUATORIANA.

INEN. (2016). NTE INEN 2415. *INEN*, 14.

INEN. (2016). TUBOS DE ACERO AL CARBONO SOLDADOS PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS GENERALES. REQUISITOS. *INEN*, 14.

INEN. (2017). *NTE INEN-ISO 6892-1*. QUITO: NORMA TECNICA ECUATORIANA.

INTERNACIONAL, N. (2012). ISO/IEC 17065 . *ISO/IEC*, 8.

De Salazar, J. G., Ureña, A., Villauriz, E., Manzanedo, S., & Barrena, I. (1998). Soldadura TIG y MIG de las aleaciones de aluminio 6061 y 7020. Estudios microestructurales y de propiedades mecánicas. *Revista de Metalurgia*, *34*(Extra), 276-280.

Rodríguez, J., Vitola, J., & Sandoval, S. (2009). Diseño y construcción de un sistema de ultrasonido para la detección de discontinuidades en soldadura. *Revista Colombiana de Física*, *41*(1), 159-161.

Castro Revelo, J. F., & Serrano Aguiar, C. O. (2016). *Influencia del tamaño de las discontinuidades en las propiedades mecánicas de las uniones soldadas bajo la Norma API 1104*(Bachelor's thesis, Quito, 2016.).

Ávila, J. A., Suárez, H. E. J., & Arenas, F. F. (2010). Evaluación de la resistencia mecanica de uniones soldadas mediante proceso SFA y GTAW de la aleación de magnesio AZ31B. *El hombre y la máquina*, (35), 166-171.

Moreta, M. (54). empresas carroceras ya tienen su certificación. *Revista Líderes*.

Llano, C. (2015). Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG. *METAL ACTUAL*, 8.

López, R. B., & LÓPEZ, J. O. (2016). *Análisis del comportamiento a fatiga de uniones adhesivas de acero recubierto* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

Pozuelo, M., Carreño, F., & Ruano, O. A. (2004). Comparación de la microestructura y propiedades de impacto de dos materiales compuestos laminados de acero de ultraalto contenido de carbono.

Corral, M., López, A., Grimaldi, R., & Aparicio, F. (2008, May). Nuevos requisitos y avances en seguridad pasiva en autobuses y autocares. In *Primer Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial*.

Yanzapanta, M., & Guillermo, A. (2019). Caracterización metalúrgica de materiales actuales utilizados en la fabricación de asientos y alternativas de sustitución para sistemas de manufactura nacional bajo normas ASTM e INEN.

Rincón, M. I. M., Martín, C. R., & Chaparro, W. A. A. (2013). Determinación de las causas de falla en la ZAC de un acero ASTM A36 soldado por proceso SMAW. *Inge Cuc*, *9*(2), 75-82.

Zalazar, M., Ramini, M., Surian, E., Bruna, R., & Baralla, E. (2009). Efecto del procedimiento de soldadura sobre las propiedades de uniones soldadas de aceros microaleados para cañería. *Sao Paulo*.

Normalización, I. E. (2012). NTE INEN 2215. *INEN*, 13.

Normalización, I. E. (2014). NTE INEN ISO 6506-1 MATERIALES METÁLICOS – ENSAYO DE DUREZA BRINELL -PARTE 1: MÉTODO DE ENSAYO (ISO 6506-1:2005, IDT). *INEN*, 22.

Normalización, S. E. (2010). NTE INEN 2 205:2010. *INEN*, 27.

Normalización, S. E. (2014). NTE INEN 1668. *INEN*, 34.

Normalización, S. E. (2014). NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006. *INEN*, 10.

Guerra Ochoa, E. D. L. (2013). *Análisis de la influencia de los diferentes parámetros de diseño en la aparición de fatiga superficial en contactos mecánicos* (Doctoral dissertation, Industriales).

Lopez, R. O., Corrales, H. A., & Parra, H. (2007). Soldabilidad en aceros inoxidables y aceros disimiles. *Scientia et technica*, *13*(34), 273-278.

Pareira, J. C., Durán, L., Van Deventer, D., & Zambrano, J. C. (2010). Propiedades mecánicas en torsion de la aleacion de aluminio AA6061 con diferentes tratamientos térmicos. *Revista INGENIERÍA UC*, *17*(2), 44-51.

Cortés, R., Villanueva, J., Ponce, E., Rojas, M., & Rojas, E. (2004). Estudio de la soldabilidad y corrosión del acero inoxidable AISI 904L con los agentes utilizados en la lixiviación del cobre. *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá*, *12*(2), 43-56.

Badea Romero, F. M. (2014). *Métodos numéricos y estadísticos de caracterización de uniones tubulares soldadas para su aplicación en modelos de elementos finitos de estructuras de vehículos* (Doctoral dissertation, Industriales).

Saavedra., M. J. (2015). *GUIA PARA EL EXAMEN VISUAL DE SOLDADURA.* GEND-PUCP.

SOLDADURA, S. A. (2015). ANSI/AWS D1.1. 2000. *AWS*, 42.

SOLDEXA. (2012). *MANUAL DE SOLDADURA* . LIMA : LEBAL PERU.

STANDARD, I. (2003). *ISO 17639.* GINEBRA: ISO 2003.

Suárez Sanabria, A., & Fernández Carrasquilla, J. (2006). Microestructura y propiedades mecánicas de una fundición esferoidal ferrítica en bruto de colada para su uso en piezas de grandes dimensiones. *Revista de Metalurgia, 2006, 42 (1). Págs. 18-31*.

Miguel, V., Martínez-Conesa, E. J., Segura, F., Manjabacas, M. C., & Abellán, E. (2012). Optimización del proceso de soldadura GMAW de uniones a tope de la aleación AA 6063-T5 basada en la metodología de superficie de respuesta y en la geometría del cordón de soldadura. *Revista de metalurgia*, *48*(5), 333-350.

Granja, M., & Hidalgo, V. (2013). Proceso de soldadura GMAW, para aceros ordinarios al carbón, aceros inoxidables y aluminio. *Revista Politécnica-Julio*, *32*(2), 11-18.

WESTARCO. (2015). *MANUAL DE SOLDADURA.* BOGOTA: WESTARCO.

Kukuryk, M., & Winczek, J. (2018). Analysis of deformation and microstructure evolution during the hot deformation of titanium alloy. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 157, p. 02022). EDP Sciences.

Anexos

Anexo 1. Tabla comparativa de durezas

ASTM E140-97 TABLE 2													
HRB	HB	HRA	15T	30T	45T	HV		HRB	HB	HRA	15T	30T	45T	HV
100	240	61.5	93.1	83.1	72.9	240		80	150	49.5	86.6	69.7	52.8	150
99	234	60.9	92.8	82.5	71.9	234		79	147	48.9	86.3	69.1	51.8	147
98	228	60.2	92.5	81.8	70.9	228		78	144	48.4	86.0	68.4	50.8	144
97	222	59.5	92.1	81.1	69.9	222		77	141	47.9	85.6	67.7	49.8	141
96	216	58.9	91.8	80.4	68.9	216		76	139	47.3	85.3	67.1	48.8	139
95	210	58.3	91.5	79.8	67.9	210		75	137	46.8	85.0	66.4	47.8	137
94	205	57.6	91.2	79.1	66.9	205		74	135	46.3	84.7	65.7	46.8	135
93	200	57.0	90.8	78.4	65.9	200		73	132	45.8	84.3	65.1	45.8	132
92	195	56.4	90.5	77.8	64.8	195		72	130	45.3	84.0	64.4	44.8	130
91	190	55.8	90.2	77.1	63.8	190		71	127	44.8	83.7	63.7	43.8	127
90	185	55.2	89.9	76.4	62.8	185		70	125	44.3	83.4	63.1	42.8	125
89	180	54.6	89.5	75.8	61.8	180		69	123	43.8	83.0	62.4	41.8	123
88	176	54.0	89.2	75.1	60.8	176		68	121	43.3	82.7	61.7	40.8	121
87	172	53.4	88.9	74.4	59.8	172		67	119	42.8	82.4	61.0	39.8	119
86	169	52.8	88.6	73.8	58.8	169		66	117	42.3	82.1	60.4	38.7	117
85	165	52.3	88.2	73.1	57.8	165		65	116	41.8	81.8	59.7	37.7	116
84	162	51.7	87.9	72.4	56.8	162		64	114	41.4	81.4	59.0	36.7	114
83	159	51.1	87.6	71.8	55.8	159		63	112	40.9	81.1	58.4	35.7	112
82	156	50.6	87.3	71.1	54.8	156		62	110	40.4	80.8	57.7	34.7	110
81	153	50.0	86.9	70.4	53.8	153		61	108	40.0	80.5	57.0	33.7	108
								60	107	39.5	80.1	56.4	32.7	107

Fuente: ASTMA E140-97

Anexo 2. Registro de calificación de soldador WPQ

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WPQ)

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

NOMBRE SOLDADOR		CEDULA	
EMPRESA / EMPLEADOR		RUC	
NORMA DE REFERENCIA	AWS D1.3 Structural Welding Code - Sheet Steel	OT No.	[redacted]
ID. PROYECTO	CALIFICACION SOLDADORES	FECHA NACIMIENTO	18-nov-88
LOCALIZACIÓN PRUEBA	PLANTA	PROCESO	GMAW
FECHA CALIFICACION	[redacted]		
FECHA CADUCIDAD	ver sección 4		

2. DATOS DE PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACIÓN

VARIABLES ESENCIALES (5.24)	VALORES DE CALIFICACIÓN	RANGO CALIFICADO
1. PROCESO		
Proceso	GMAW-S	GMAW-S únicamente
Tipo	Semiautomático	Semiautomático únicamente
2. JUNTAS (Tabla 4.4)	- Square groove weld butt joint sheet to sheet, welded from one side	Square groove weld butt joint sheet to sheet
	- Fillet weld in T joint sheet to sheet	Fillet weld in T or Lap joint Sheet to sheet and sheet to supporting member
3. MATERIAL BASE		
Especificación material base	ASTM A36	Cualquier acero especificado en AWS D1.3 Tabla 1.2
Recubrimiento (4.7.1.1)	Con galvanizado	Con y sin galvonizado
Espesores	- Groove weld: 1,5 mm	0,75 mm a 3,0 mm
	- Fillet Weld: 1,5 mm	1,5 mm a 4,8 mm
4. MATERIAL DE APORTE		
Clasificación (4.7.1.4)	ER70S-6	Electrodos aplicables a GMAW
Diámetro	0,9mm	0,8mm
5. POSICIÓN (4.7.1.5)		
Posición y progresión	Vertical descendente	Plana, horizontal y vertical (descendente únicamente)

3. RESULTADOS DE PRUEBAS Y/O ENSAYOS

	SI APRUEBA	NO APRUEBA	TIPO	OBSERVACIONES
1. INSPECCIÓN VISUAL (4.8)	✓		–	No presenta observaciones
2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS (4.8)	✓		Groove - Doblados (x2)	No presenta observaciones relevantes
			Fillet - Doblados (x2)	No presenta observaciones relevantes
			Otro:	n/a

4. VALIDEZ LEGAL Y OBSERVACIONES

"certifico que la prueba ha sido conducida acorde a los requerimientos del código indicado para la aplicación específica señalada y que los resultados consignados en este documento son verdaderos. La calificación del soldador es diseñada para determinar la habilidad del personal para producir soldaduras de calidad, sin embargo por si sola no garantiza calidad de soldadura, es regerida adicionalmente la aplicación de WPS´s calificados, capacidad de fabricación, supervisión por personal competente y aplicación de un protocolo de END adecuado. Cualquier cambio del rango de calificación (ej: cambio de posición, etc) requiere re-calificación del personal. La calificación del soldador u operador de soldadura se considerada indefinida a menos que: (1) el soldador no utilice el proceso para el cual fue calificado por un periodo que exceda los 6 meses. (2) exista una específica razón para cuestionar la habilidad del soldador o (3) exista un cambio en la empresa empleadora. Este documento es para uso exclusivo de la EMPRESA y contiene información confidencial, propiedad de JAVIER WONG, queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin su autorización. Cualquier alteración al presente documento lo invalida.

NOTA SOBRE VIGENCIA: Para extender la vigencia de esta calificación más allá de los 6 meses el empleador deberá demostrar con evidencia efectiva la participacion del soldador operaciones de soldadura satisfactorias, caso contrario la calificacion se considerará valida únicamente por 6 meses posteriores a su emisión

Elaborado por: Revisado por: Aprobado por:

Ing. [redacted]
Inspector de soldadura CWI No. [redacted]
Supervisor de soldadura CWS No. [redacted]

Nota: se omitieron los nombres y códigos de registro por pedido de técnicos

Fuente: IMEISA

Anexo 3: Pruebas mecánicas, ensayo de dureza Brinell en la materia prima

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL

INFORME DE RESULTADOS N°: 0530491995201812228-EDB

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2018_019
Empresa / Cliente: Ing. Edgar Alejandro Ortiz Bautista.
RUC/C.I.: 0530491995 **Ciudad:** Salcedo.
Dirección: Panamericana E35 Sector Panzaleo.
E-mail: edgar.alejandro_ortiz@hotmail.com **Teléfono:** 0987532747

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Equipo utilizado: Durómetro ERNST **Modelo:** NR3 DR **Serie:** 4651
Tiempo de duración de la fuerza: 10 seg
Ultima verificación de máquina: RG-AM-003
Patrón utilizado: PR3 AlMgSiO-10mm, 95,4 HBW/30±5
Verificación de la máquina por medio de patrón: 96 HBW/30 (ACEPTABLE).
Fecha de Inicio de Ensayo: 15/01/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 18/01/2019
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de material metálico. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de análisis metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Característica	Norma de producto	Norma de material	Probetas a Ensayar
1	0530491995201812228-EDB 01	Base cojin posterior Angulo corredizo	INEN 2224/INEN 2215	ASTM A36	5

Observaciones: Ninguna

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Esteban López Espinel MEng
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de emisión de Informe: Ambato, 23 de enero de 2019
N°. Factura: 001-002-000006319

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 1 de 10

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

N°	Identificación del grupo	Característica	Norma de producto	Norma de material	Probetas a Ensayar
2	0530491995201812228-EDB 02	Anclaje resortes T	INEN 2234/INEN 2215	ASTM A36	5
3	0530491995201812228-EDB 03	Refuerzo espaldar platina	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
4	0530491995201812228-EDB 04	Base cojín plancha	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
5	0530491995201812228-EDB 05	Anclaje asiento piso	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
6	0530491995201812228-EDB 06	Tubo base cuadrado posterior y frontal	INEN 2415/INEN 2215	ASTM A500	5
7	0530491995201812228-EDB 07	Tubo cuadrado base frontal	INEN 2415/INEN 2215	ASTM A500	5
8	0530491995201812228-EDB 08	Platina grande de chupete	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
9	0530491995201812228-EDB 09	Platina	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
10	0530491995201812228-EDB 10	Ángulo anclaje	INEN 2224/INEN 2215	ASTM A36	5
11	0530491995201812228-EDB 11	Tubo redondo apoya pies	INEN 2470	Acero al carbono	5
12	0530491995201812228-EDB 12	Soporte espaldar y base	INEN 2470	Acero al carbono	5
13	0530491995201812228-EDB 13	Conexión espaldar	INEN 2470	Acero al carbono	5
14	0530491995201812228-EDB 14	Varilla eje izquierdo o derecho	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
15	0530491995201812228-EDB 15	Varilla lisa refuerzo espaldar	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
16	0530491995201812228-EDB 16	Soporte anclaje	INEN 2222/INEN 2215	ASTM A36	5
				TOTAL	80

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 2 de 10

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
1	0530491995201812228-EDB 01	21,9	56,6	Medición 1	133
				Medición 2	133
				Medición 3	136
				Medición 4	138
				Medición 5	132
				Promedio $\bar{x}$	134
				Desviación estándar S_{n-1}	2,51
				Coeficiente de variación CV	1,87

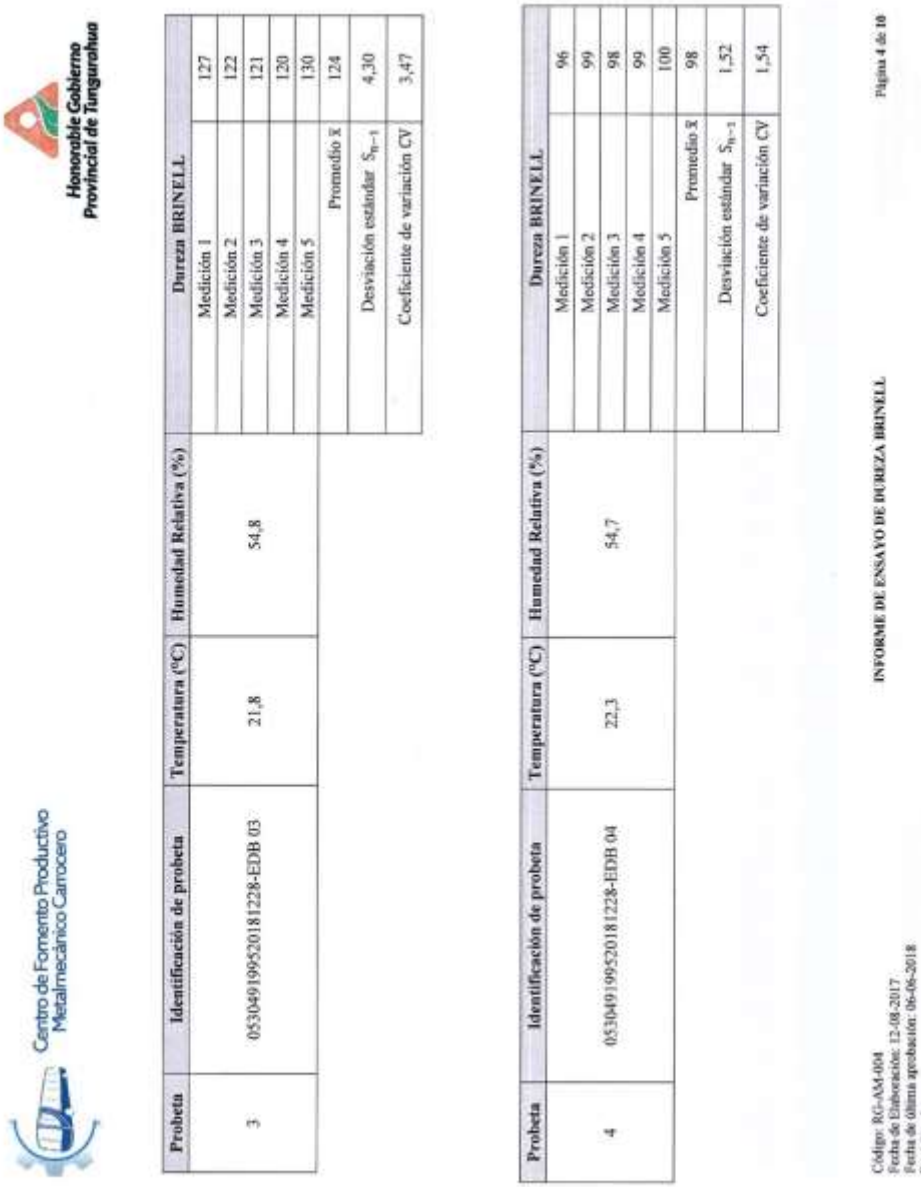
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
2	0530491995201812228-EDB 02	22,0	55,9	Medición 1	201
				Medición 2	199
				Medición 3	202
				Medición 4	198
				Medición 5	202
				Promedio $\bar{x}$	200
				Desviación estándar S_{n-1}	1,82
				Coeficiente de variación CV	0,91

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 3 de 10

Fuente: Laboratorios CFPMC



Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Camocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
3	0530491995201812228-EDB 03	21,8	54,8	Medición 1	127
				Medición 2	122
				Medición 3	121
				Medición 4	120
				Medición 5	130
				Promedio $\bar{x}$	124
				Desviación estándar S_{n-1}	4,30
				Coeficiente de variación CV	3,47

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
4	0530491995201812228-EDB 04	22,3	54,7	Medición 1	96
				Medición 2	99
				Medición 3	98
				Medición 4	99
				Medición 5	100
				Promedio $\bar{x}$	98
				Desviación estándar S_{n-1}	1,52
				Coeficiente de variación CV	1,54

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 4 de 10

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
5	0530491995201812228-EDB 05	22,3	54,8	Medición 1	174
				Medición 2	178
				Medición 3	178
				Medición 4	167
				Medición 5	171
				Promedio $\bar{x}$	174
				Desviación estándar S_{n-1}	4,72
				Coeficiente de variación CV	2,72

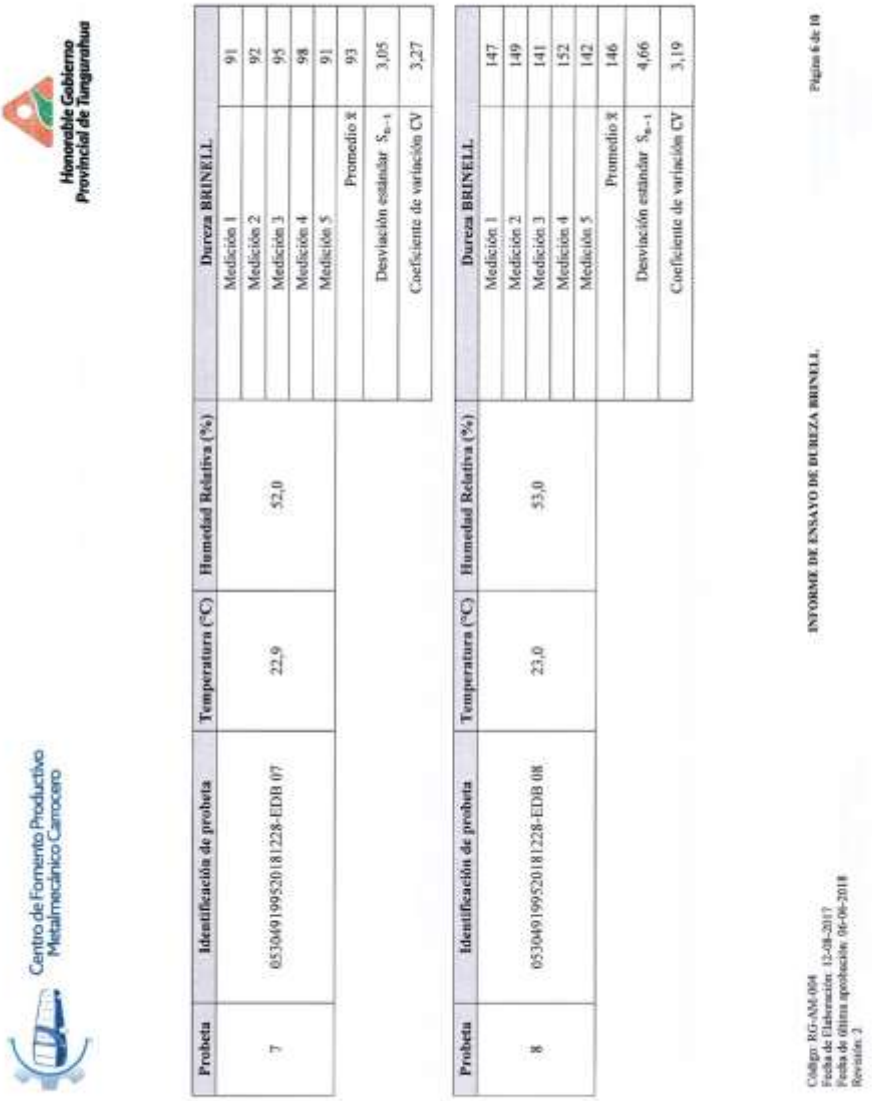
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
6	0530491995201812228-EDB 06	22,6	53,1	Medición 1	98
				Medición 2	103
				Medición 3	105
				Medición 4	106
				Medición 5	110
				Promedio $\bar{x}$	104
				Desviación estándar S_{n-1}	4,39
				Coeficiente de variación CV	4,21

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 5 de 10

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

Fuente: Laboratorios CFPMC



Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
7	0530491995201812228-EDB 07	22,9	52,0	Medición 1	91
				Medición 2	92
				Medición 3	95
				Medición 4	98
				Medición 5	91
				Promedio $\bar{x}$	93
				Desviación estándar S_{n-1}	3,05
				Coeficiente de variación CV	3,27

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
8	0530491995201812228-EDB 08	23,0	53,0	Medición 1	147
				Medición 2	149
				Medición 3	141
				Medición 4	152
				Medición 5	142
				Promedio $\bar{x}$	146
				Desviación estándar S_{n-1}	4,66
				Coeficiente de variación CV	3,19

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 6 de 10

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 13-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-09-2018
Revisión: 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
9	0530491995201812228-EDB 09	24,0	51,6	Medición 1	122
				Medición 2	123
				Medición 3	122
				Medición 4	123
				Medición 5	119
				Promedio $\bar{x}$	122
				Desviación estándar S_{n-1}	1,64
				Coeficiente de variación CV	1,35

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
10	0530491995201812228-EDB 10	23,1	52,3	Medición 1	136
				Medición 2	140
				Medición 3	134
				Medición 4	145
				Medición 5	151
				Promedio $\bar{x}$	141
				Desviación estándar S_{n-1}	6,91
				Coeficiente de variación CV	4,89

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 7 de 10

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
11	0530491995201812228-EDB 11	23,3	50,7	Medición 1	187
				Medición 2	181
				Medición 3	184
				Medición 4	186
				Medición 5	184
				Promedio $\bar{x}$	184
				Desviación estándar S_{n-1}	2,30
				Coeficiente de variación CV	1,25

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
12	0530491995201812228-EDB 12	23,7	49,0	Medición 1	147
				Medición 2	149
				Medición 3	152
				Medición 4	156
				Medición 5	150
				Promedio $\bar{x}$	151
				Desviación estándar S_{n-1}	3,42
				Coeficiente de variación CV	2,27

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 8 de 10

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
13	0530491995201812228-EDB 13	23,9	48,4	Medición 1	97
				Medición 2	100
				Medición 3	98
				Medición 4	94
				Medición 5	94
				Promedio $\bar{x}$	97
				Desviación estándar S_{n-1}	2,61
				Coeficiente de variación CV	2,70

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
14	0530491995201812228-EDB 14	23,9	48,0	Medición 1	92
				Medición 2	90
				Medición 3	100
				Medición 4	100
				Medición 5	92
				Promedio $\bar{x}$	95
				Desviación estándar S_{n-1}	4,82
				Coeficiente de variación CV	5,08

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
15	0530491995201812228-EDB 15	24,1	47,9	Medición 1	110
				Medición 2	106
				Medición 3	115
				Medición 4	118
				Medición 5	120
				Promedio $\bar{x}$	114
				Desviación estándar S_{n-1}	5,76
				Coeficiente de variación CV	5,06

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
16	0530491995201812228-EDB 16	23,3	50,8	Medición 1	136
				Medición 2	134
				Medición 3	143
				Medición 4	139
				Medición 5	141
				Promedio $\bar{x}$	139
				Desviación estándar S_{n-1}	3,65
				Coeficiente de variación CV	2,63

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Página 10 de 10

Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 4. Informe ensayos a tracción, en probetas soldadas ASTM A500 Y A36

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS

INFORME DE RESULTADOS N°: 050349199520190306-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_021
Empresa / Clientes: Edgar Alejandro Ortiz Bautista.
RUC/C.I.: 0503491995 **Ciudad:** Salcedo.
Dirección: Panamericana E35, Sector Panzaleo. **Teléfono:** 0987532747
E-mail: edgar.alejandro_ortiz@hotmail.com

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6892-1 Materiales metálicos. - Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.
Tipo de ensayo: Cuantitativo
Tipo de probeta: Plana **Longitud calibrada:** N/A
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.
Modelo: MTE 1500 **Serie:**8210M002
Velocidad de ensayo: 10 mm/min. **Precarga:** 5000 N
Designación del material: Probetas soldadas.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/03/07 **Fecha de Finalización de Ensayo:**2019/03/07
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en ***probetas soldadas de material metálico***. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material base	Proceso de soldadura	Tipo de penetración	Probetas a Ensayar
1	050349199520190306-ETM 01	ASTM A500	MIG	Completa	2
2	050349199520190306-ETM 02	ASTM A500	MIG	Incompleta	2
3	050349199520190306-ETM 03	ASTM A36	MIG	Completa	2
			Total		**6**

Observaciones: La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:		**Aprobado por:**
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López E. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato,14 de marzo de 2019.
N°. Factura:001-002-000006624

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Código: RG-RM-013
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 10- 01 -2017
Revisión: 1

INFORME ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METALICOS

Página 1 de 3

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
1	0503491995201903O6-ETM 01-1	23,2	50,5	23,53	5,29	N/A	N/A	14864,52	12636,66	13586,50	119,42	101,52	109,15	N/A
2	0503491995201903O6-ETM 01-2	23,2	50,5	23,54	6,5	N/A	N/A	12764,46	11243,45	10642,31	83,42	73,48	69,55	N/A
							Promedio $\overline{X}$	13814,490	11940,055	12114,405	101,421	87,501	89,352	N/A
							Desviación estándar S_{n-1}	1484,967	985,148	2081,857	25,453	19,827	28,000	N/A
							Coeficiente de variación CV	10,75	8,25	17,18	25,10	22,66	31,34	N/A

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
3	0503491995201903O6-ETM 02-1	24,5	50,8	22,65	4,31	N/A	N/A	14489,00	12721,86	13026,37	148,42	130,32	133,44	N/A
4	0503491995201903O6-ETM 02-2	24,5	50,8	23,55	4,77	N/A	N/A	9967,01	9236,48	8649,54	88,73	82,22	77,00	N/A
							Promedio $\overline{X}$	12228,005	10979,170	10837,955	118,574	106,271	105,218	N/A
							Desviación estándar S_{n-1}	3197,530	2464,536	3094,886	42,209	34,008	39,908	N/A
							Coeficiente de variación CV	26,15	22,45	28,56	35,60	32,00	37,93	N/A

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza Máxima	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia de rotura (MPa)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor									
5	0503491995201903O6-ETM 03-1	23,2	51,7	38,55	6,73	N/A	N/A	80800,01	55550,01	69500,01	311,44	214,11	267,88	N/A
6	0503491995201903O6-ETM 03-2	23,2	51,7	38,23	7,52	N/A	N/A	86800,01	64600,01	82050,01	301,92	224,70	285,40	N/A
						Promedio $\bar{X}$		83800,010	60075,010	75775,010	306,681	219,409	276,642	N/A
						Desviación estándar S_{n-1}		4242,641	6399,316	8874,190	6,728	7,488	12,387	N/A
						Coeficiente de variación CV		5,06	10,65	11,71	2,19	3,41	4,48	N/A

Código: RG-RM-013
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 10- 01 -2017
Revisión: 1

INFORME ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METALICOS

Página 3 de 3

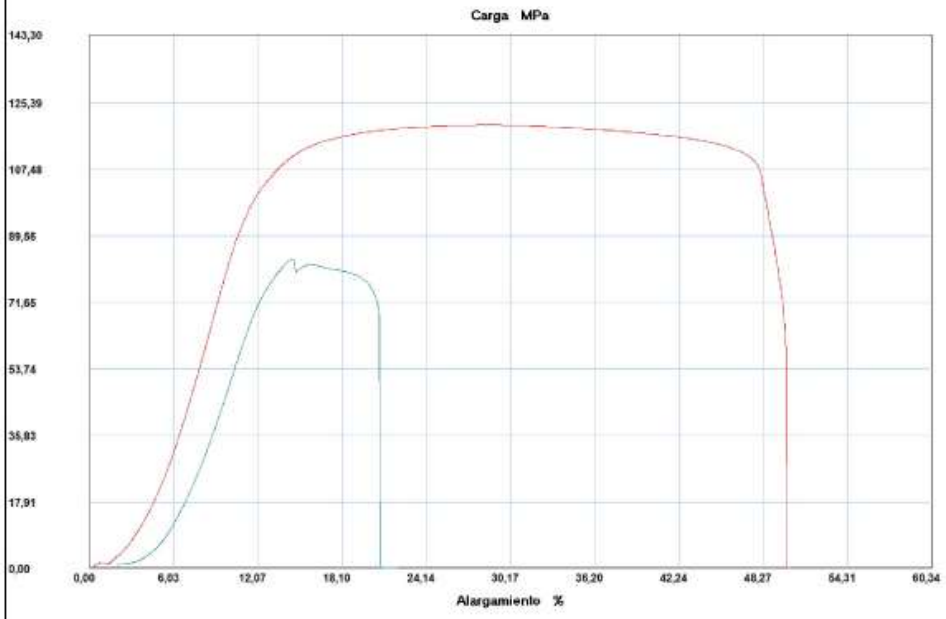
Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 5. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A36

INFORME :
ENSAYO :

ETM 01
TRACCION

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A Tecnico 1
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	12:48:10
Temperatura	:	23.2
H.R.%	:	50.5
Pedido	:	05034919952019030 6

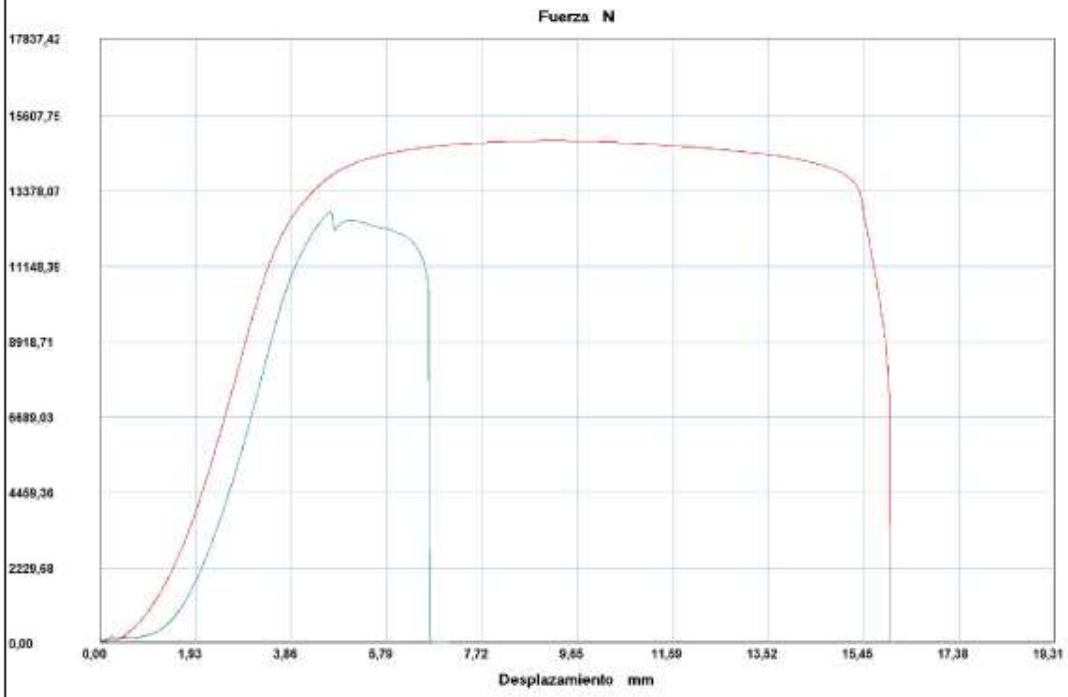


Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	14864,52	12636,66	13586,50	119,42	101,52	109,15
2	12764,46	11243,45	10642,31	83,42	73,48	69,55
Media	13814,490	11940,055	12114,405	101,421	87,501	89,352
Desv. Std	1484,967	985,148	2081,857	25,453	19,827	28,000
Coef. V.	0,107	0,083	0,172	0,251	0,227	0,313
+3 Sigma	18269,390	14895,500	18359,975	177,781	146,981	173,353

Fuente: Laboratorios CFPMC

INFORME : ETM 01
ENSAYO : TRACCION

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A Tecnico 1
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	12:48:10
Temperatura	:	23.2
H.R.%	:	50.5
Pedido	:	050349199520190306



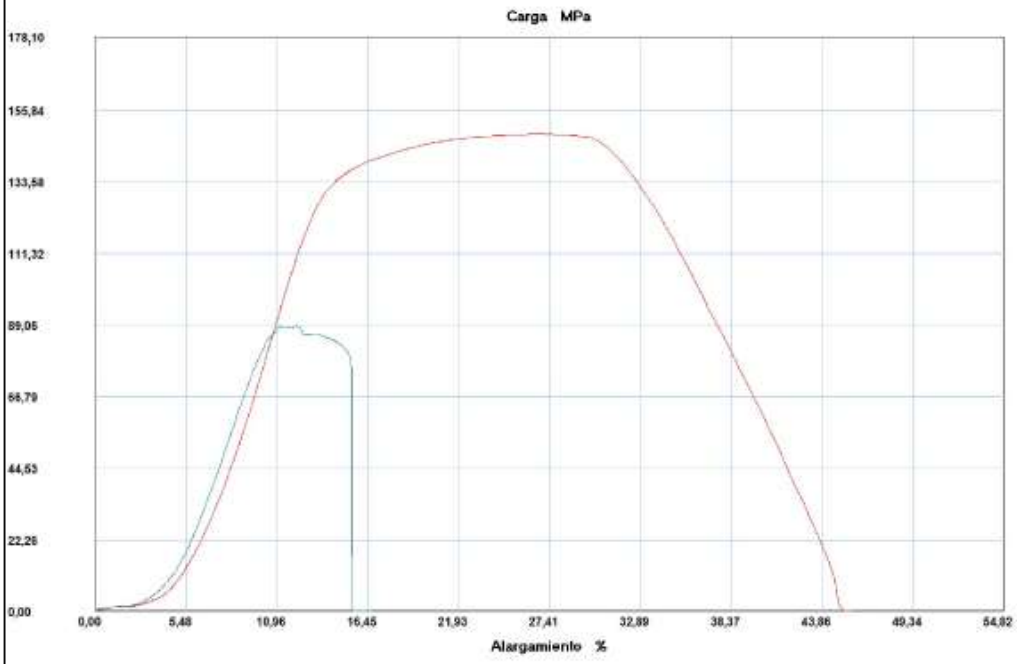
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	14864,52	12636,66	13586,50	119,42	101,52	109,15
2	12764,46	11243,45	10642,31	83,42	73,48	69,55
Media	13814,490	11940,055	12114,405	101,421	87,501	89,352
Desv. Std	1484,967	985,148	2081,857	25,453	19,827	28,000
Coef. V.	0,107	0,083	0,172	0,251	0,227	0,313
+3 Sigma	18269,390	14895,500	18359,975	177,781	146,981	173,353

Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 6. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A36

INFORME : ETM 02
ENSAYO : TRACCION

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A Tecnico 1
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	12:48:38
Temperatura	:	24.5
H.R.%	:	50.8
Pedido	:	05034919952019030 6

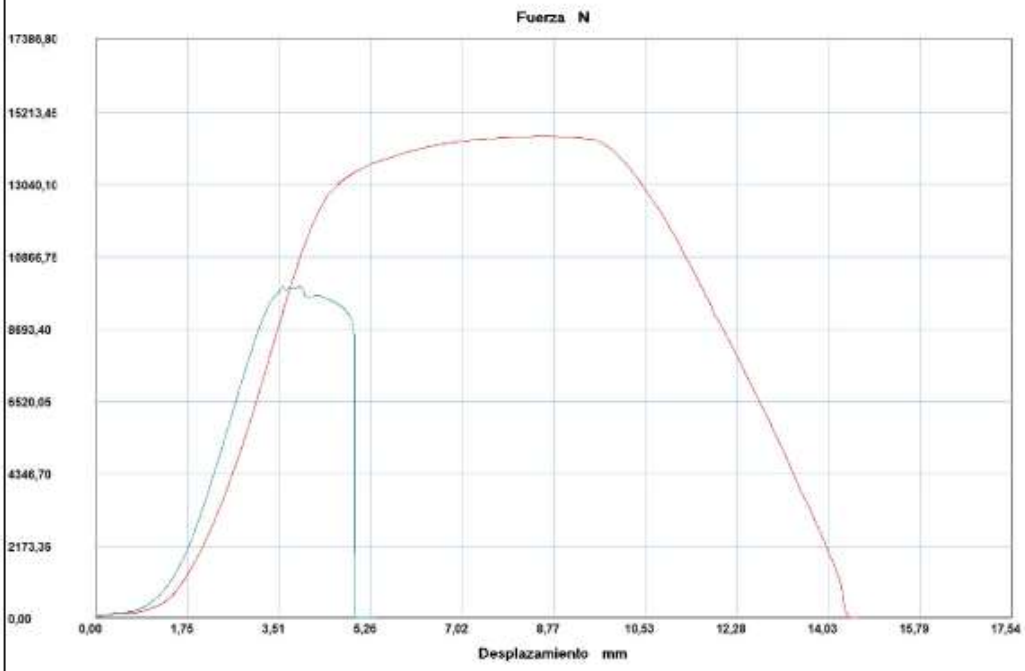


Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	14489,00	12721,86	13026,37	148,42	130,32	133,44
2	9967,01	9236,48	8649,54	88,73	82,22	77,00
Media	12228,005	10979,170	10837,955	118,574	106,271	105,218
Desv. Std	3197,530	2464,536	3094,886	42,209	34,008	39,908
Coef. V.	0,261	0,224	0,286	0,356	0,320	0,379
+3 Sigma	21820,594	18372,777	20122,614	245,202	208,295	224,943

Fuente: Laboratorios CFPMC

INFORME : ETM 02
ENSAYO : TRACCION

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A Tecnico 1
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	12:48:38
Temperatura	:	24.5
H.R.%	:	50.8
Pedido	:	05034919952019030 6



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	14489,00	12721,86	13026,37	148,42	130,32	133,44
2	9967,01	9236,48	8649,54	88,73	82,22	77,00
Media	12228,005	10979,170	10837,955	118,574	106,271	105,218
Desv. Std	3197,530	2464,536	3094,886	42,209	34,008	39,908
Coef. V.	0,261	0,224	0,286	0,356	0,320	0,379
+3 Sigma	21820,594	18372,777	20122,614	245,202	208,295	224,943

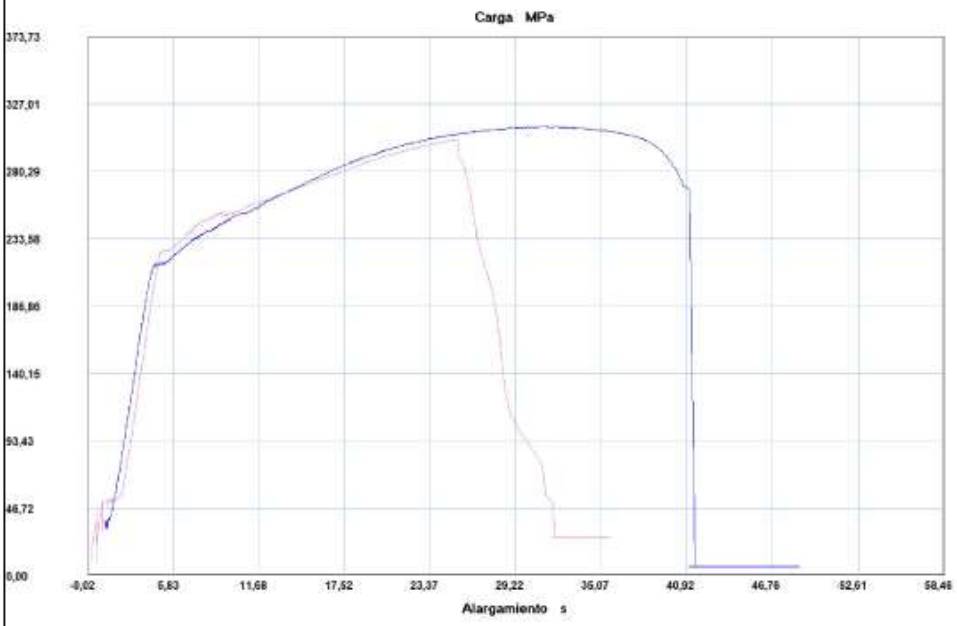
Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 7. Pruebas Mecánicas, gráficas y valores de ensayo de Tracción Acero ASTM A500

INFORME : ETM 01
ENSAYO : TRACCION

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A. TÉCNICO
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	14:55:50
Temperatura	:	23.2
H.R.%	:	51.7
Pedido	:	05034919952019030 6

AWS B4.0



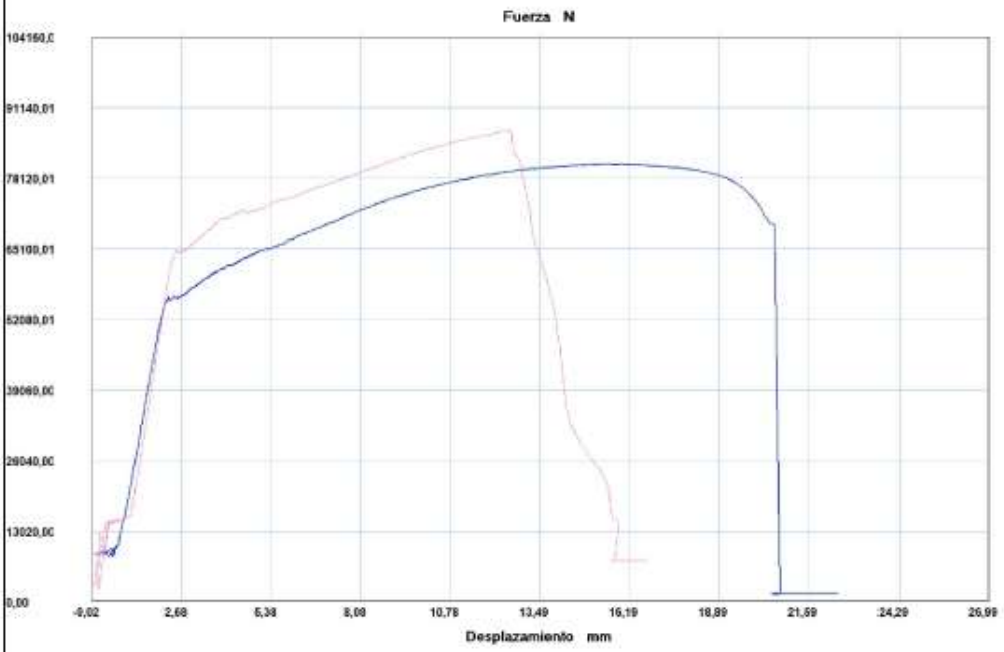
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	80800,01	69500,01	55550,01	311,44	267,88	214,11
2	86800,01	82050,01	64600,01	301,92	285,40	224,70
Media	83800,010	75775,010	60075,010	306,681	276,642	219,409
Mediana	83800,010	75775,010	60075,010	306,681	276,642	219,409
Desv. Std	4242,641	8874,190	6399,316	6,728	12,387	7,488
Coef. V.	0,051	0,117	0,107	0,022	0,045	0,034
Máximo	86800,010	82050,010	64600,010	311,438	285,402	224,704
Mínimo	80800,010	69500,010	55550,010	301,924	267,883	214,114
Rango	6000,000	12550,000	9050,000	9,514	17,518	10,590
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	96527,932	102397,580	79272,959	326,864	313,805	241,874
-3 Sigma	71072,088	49152,440	40877,061	286,498	239,480	196,944

Fuente: Laboratorios CFPMC

INFORME : **ETM 01**
ENSAYO : **TRACCION**

Referencia	:	MATERIAL METALICO
Cliente	:	
Calidad	:	RM_2019_021
Operario	:	A.TÉCNICO
Norma	:	AWS B4.0
Fecha	:	07/03/2019
Hora	:	14:55:50
Temperatura	:	23.2
H.R.%	:	51.7
Pedido	:	05034919952019030 6

AWS B4.0



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	80800,01	69500,01	55550,01	311,44	267,88	214,11
2	86800,01	82050,01	64600,01	301,92	285,40	224,70
Media	83800,010	75775,010	60075,010	306,681	276,642	219,409
Mediana	83800,010	75775,010	60075,010	306,681	276,642	219,409
Desv. Std	4242,641	8874,190	6399,316	6,728	12,387	7,488
Coef. V.	0,051	0,117	0,107	0,022	0,045	0,034
Máximo	86800,010	82050,010	64600,010	311,438	285,402	224,704
Mínimo	80800,010	69500,010	55550,010	301,924	267,883	214,114
Rango	6000,000	12550,000	9050,000	9,514	17,518	10,590
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	96527,932	102397,580	79272,959	326,864	313,805	241,874
-3 Sigma	71072,088	49152,440	40877,061	286,498	239,480	196,944

Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 8. Informe ensayos dureza Vickers, en uniones soldadas en un acero ASTM A500

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA VICKERS

INFORME DE RESULTADOS N°: 050349199520190306-EDV

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_006
Empresa / Cliente: Edgar Alejandro Ortiz Bautista.
RUC/C.I.: 0503491995 **Ciudad:** Salcedo.
Dirección: Panamericana E35, Sector Panzaleo.
E-mail: edgar.alejandro_ortiz@hotmail.com **Teléfono:** 0987532747

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo.
Equipo utilizado: Micro-durómetro FUTURE TECH. **Modelo:** FM 800. **Serie:** FMX 8340.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Tiempo de aplicación de la fuerza: 15 s **Fuerza aplicada:** 9,807 N.
Última verificación de máquina: 2019/03/07.
Patrón utilizado: FT13159609 **Valor:** 699.3 HV1
Verificación de la máquina por medio de patrón: 700.3 HV1
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/03/07. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/03/08.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de ***material metálico con proceso de soldadura***. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material Base	Proceso de soldadura	Probetas a Ensayar
1	050349199520190306-EDV 01	A500	MIG	2
			Total	2

Observaciones: Ninguna

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:		**Aprobado por:**
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 13 de marzo de 2019
N°. Factura: 001-002-000006623

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS Página 1 de 3

Fuente: Laboratorios CFPMC

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza VICKERS (HV1)
1	0503491995201903O6-EDV 01-1	Fusión	22,3	57,2	96,12	96,12	200,7
		Térmicamente afectada			99,35	99,35	187,9
		Material base			115,43	114,35	140,5
2	0503491995201903O6-EDV 01-2	Fusión	21,7	64,1	87,02	96,00	199,1
		Térmicamente afectada			101,21	99,87	183,5
		Material base			123,91	110,89	134,5

Observaciones del ensayo: Ninguna

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Página 2 de 3

Fuente: Laboratorios CFPMC

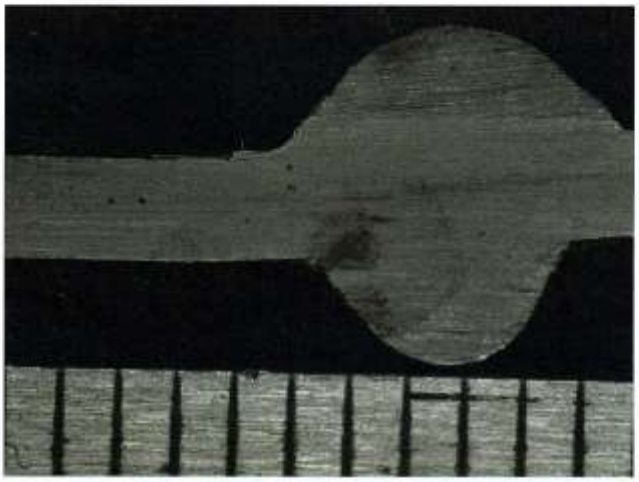
Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

ANEXO

Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS. **Modelo:** SZ61TR **Serie:** 4H04565

Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5 **Magnificación:** 6.7 a 45X

Probeta	Identificación de probeta
1	0503491995201903O6-EDV 01-1
	
2	0503491995201903O6-EDV 01-2

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 9. Informe ensayos Macrografía, en uniones soldadas en ASTM A500

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRÁFICO
ENSAYO DE MACROGRAFÍA

INFORME DE RESULTADOS N°: 0503491995201903O6-EMS

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_006.
Empresa / Cliente: Edgar Alejandro Ortiz Bautista.
RUC/C.I.: 0503491995 **Ciudad:** Salcedo.
Dirección: Panamericana E35, Sector Panzaleo.
E-mail: edgar.alejandro_ortiz@hotmail.com **Teléfono:** 0987532747
DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo: ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.
Equipo utilizado: Estereomicroscopio OLYMPUS **Modelo** SZ61TR **Serie:** 4H04565
Zoom óptico del equipo: 0.67 -4.5 **Magnificación:** 6.7 a 45X
Nombre/Composición del atacante: Nital / 4% de ácido nítrico
Método de ataque: Swabbing etching.
Temperatura de ataque: Ambiente
Tiempo de ataque: 20 segundos.
Tipo de verificación: Visual
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/03/06 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/03/07.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de ***material metálico con proceso de soldadura***. La recepción de las probetas de ensayo se efectuó en el Laboratorio de análisis metalográfico del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del HGPT.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Material Base	Proceso de Soldadura	Probetas a Ensayar
1	0503491995201903O6-EMS 01	A500	MIG	2
			Total	**2**

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de emisión de Informe: Ambato, 13 de marzo de 2019

N°. Factura: 001-002-000006623

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 2019/02/04
Fecha de última aprobación: 2019/02/06
Revisión: 1

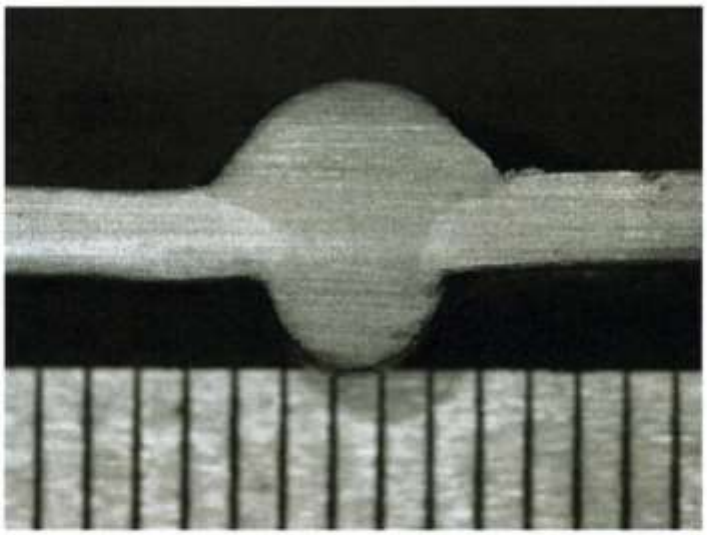
INFORME DE ENSAYO DE MACROGRAFÍA Página 1 de 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

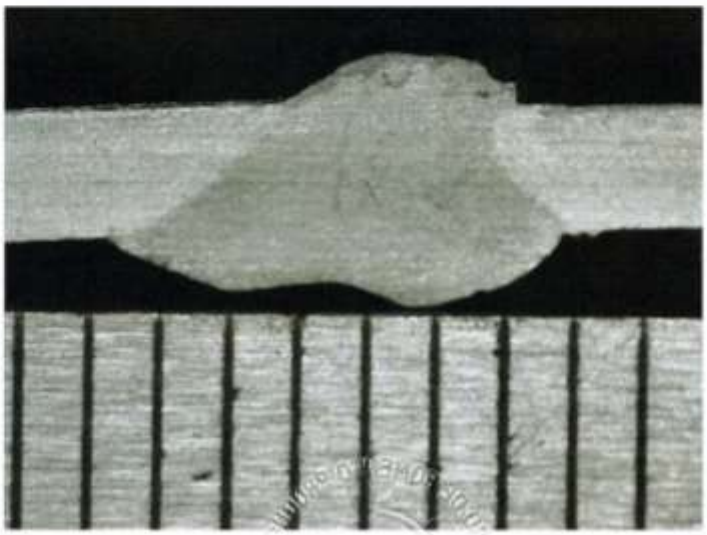
Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Identificación de la probeta: 0503419952019030 6-EMS 01-1



Identificación de la probeta: 0503419952019030 6-EMS 01-2



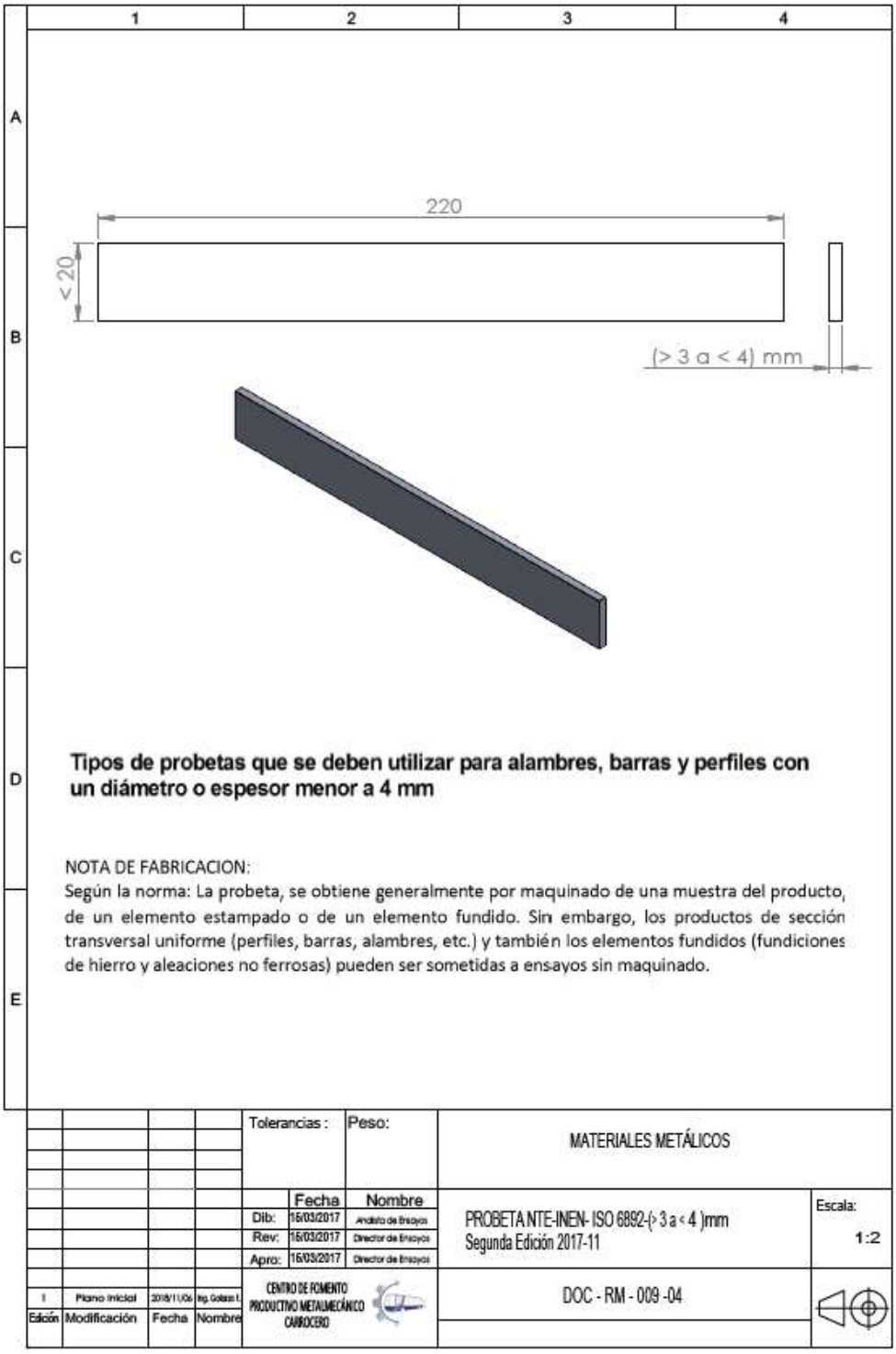
Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 2019/02/04
Fecha de última aprobación: 2019/02/06
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE MACROGRAFÍA

Página 2 de 2

Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 10. Dimensiones de probeta para ensayos a tracción



Fuente: Laboratorios CFPMC

Anexo 11. Ficha de materia prima A36

TUBEGAL

Por los caminos del Acero

• ANGULOS • PERFILES • TOLL • PLATINAS •

PERFILES

BARRAS

REDONDAS LISAS

DESCRIPCIÓN

Barras de acero de sección circular, frías, laminadas en caliente.

USOS

Se utilizan principalmente en el sector metal mecánico en la fabricación de muebles, cerrajería ornamental, verjas y cerramientos, elaboración de herramientas manuales, agrícolas y de múltiples usos, ejes industriales, pernos especiales, etc.

NORMAS TÉCNICAS

NTE INEN 2215 (Ecuatoriana)
Perfiles de acero laminados en caliente.
NTE INEN 2222 (Ecuatoriana)
Barras cuadradas, redondas y platinas de acero laminadas en caliente.
ASTM A36 (Americana)
Standard Specification for Carbon Structural Steel

DIÁMETRO	MASA NOMINAL	
mm	kg/m	kg/6m
8	0,395	2,370

TOLERANCIAS

Diámetro	Ovalidad
mm	mm
± 0,40	máximo 0,60
± 0,50	máximo 0,75

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A36		INEN 2215 grado E 250	
	Kgf / mm²	MPa	Kgf / mm²	MPa
Límite de Fluencia mínimo	25	250	19	185
Resistencia a la tracción mínima	40	400	30	300
Resistencia a la tracción máxima	56	550	55	540
Alargamiento (%) mínimo con probeta Lo=5,65 * $\sqrt{A_0}$ = 26%	21%		18%	

Fuente: Tubegal

TUBEGAL

Por los caminos del Acero

• ANGULOS • PERFILES • TOLL • PLATINAS •

PERFILES TEES

DESCRIPCIÓN

Perfil T de alas iguales, en acero de baja aleación, laminadas en caliente.

USOS

Construccion de estructuras espaciales: celosias, cerchas, arcos, bóvedas, etc., metal-mecánica: puertas, ventanas, muebles, carrocerías para vehículos, elementos ornamentales, verjas y cerramientos; herramientas manuales, maquinarias, etc.

NORMAS TÉCNICAS

NTE INEN 2215 (Ecuatoriana)
Perfiles de acero laminados en caliente.
NTE INEN 2234 (Ecuatoriana)
Perfiles estructurales T de acero laminados en caliente.
ASTM A36 (Americana)
Standard Specification for Carbon Structural Steel

DIMENSIÓN	MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
			Ala - Alma	Espesor
mm	kg/m	kg/6m	mm	mm
20 x 3	0,891	5,346		
25 x 3	1,131	6,786	± 1,0	± 0,5
30 x 3	1,379	8,274		

Tolerancia de longitud: ±50mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A36		INEN 2215 grado E185	
	Kgf / mm2	MPa	Kgf / mm2	MPa
Límite de Fluencia mínimo	25	250	19	185
Resistencia a la tracción mínima	40	400	30	300
Resistencia a la tracción máxima	56	550	55	540
Alargamiento (%) mínimo con probeta $Lo=5,65 * \sqrt{Ao}$	21%		18%	

Fuente: Tubegal

Anexo 12. Propiedades mecánicas del Acero ASTMA A36

Ferrocortes Soluciones con el acero SAS

LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL
ASTM A36 (A1011-10 SS36-2)

Requerimientos de tensión:

El acero A- 36 tiene como esfuerzo de fluencia mínimo de 36ksi. Además, es el único acero que puede obtenerse en espesores mayores a 8 pulgadas, aunque estas placas como excepción, solo están disponibles con esfuerzo de fluencia mínimo inferior especificado, siendo este 32ksi.

Normalmente, el material de conexión se especifica como A-36, sin importar el grado de sus propios componentes primarios. El esfuerzo último de tensión de este acero varía de 58ksi a 80 ksi; para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.

Propiedades mecánicas:

Requerimientos a tensión*		
Láminas, Vigas* y barras	Ksi (Mpa)	*ver orientación del espécimen bajo la prueba a tensión según especificación A6.para la gama formas de brida sobre 426lb/ft (634kg / m), el 80 KSI (550Mpa) resistencia a la tensión máxima no se aplica una elongación mínimo en 2in (50mm) de 19% se aplica.
Esfuerzo último	50-80 (400-550)	*** Punto de fluencia 32 KSI (220 MPa) para las placas de más de 8in (200mm) de espesor. Alargamiento de que no es obligatorio determinarle para placa de piso. Las placas de más de 24 en (600 mm) el requisito de elongación se reduce dos puntos porcentuales. Ver los ajustes de elongación en la sección de ensayo de tracción de la especificación A6
Esfuerzo de fluencia	36 (250)	
Láminas y Barras,**,***		
Elongación en 8in. (200mm), min, %	20	
Elongación en 2in. (50mm), min, %	23	
Dureza	120-135 HB	HB: Dureza Brinell

Requerimientos a tensión para Aceros ASTM A36

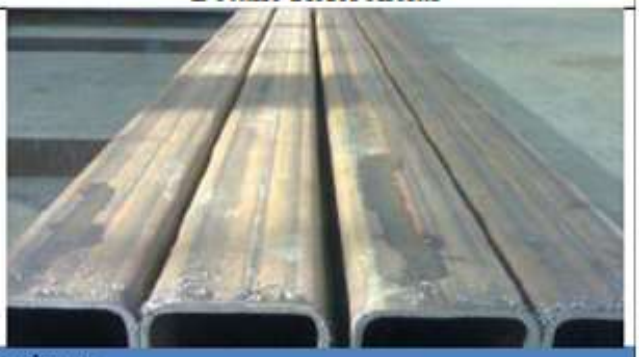
Aplicaciones:

Las aplicaciones comunes del acero estructural A-36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

NOTAS: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Fuente: Ferrocortes.

Anexo 13. Especificaciones del Acero ASTM A36 Y ASTM A500

DATOS INFORMATIVOS:		
Autorizado por: Ing. Mg.		**Realizado por:**
Probeta: Todas		**Fecha de ejecución:**02/10/2013
Lugar: Laboratorio de materiales		**Flujo de aire del medio:** Estático.
Temperatura del lugar:22 °C		
Denominaciones Del Acero Utilizado		
Material	Acero	**Detalle Referencial**
Tipo	ASTM A 36	
Espesor	2 mm	
Resistencia a la Tracción:	400-550 MPa	
Límite de fluencia	250 MPa	
% de Elongación	21	
% de Carbono	0,25	
Observaciones		
Denominaciones Del Acero Utilizado		
Material	Acero	**Detalle Referencial**
Tipo	ASTM A-500	
Espesor	2 mm	
Resistencia a la Tracción:	310-427 Mpa	
Límite de fluencia	269-345 Mpa	
% de Elongación	23	
% de Carbono	0,26	
Observaciones		

Fuente: IMEISA