



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZAR  
JUNTAS DE ACERO A36 SOLDADAS MEDIANTE EL PROCESO  
FCAW**

**Trabajo de Integración Curricular**  
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:**

**CRISTIAN ALEJANDRO RAMOS HERNANDEZ**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZAR  
JUNTAS DE ACERO A36 SOLDADAS MEDIANTE EL PROCESO  
FCAW**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:** CRISTIAN ALEJANDRO RAMOS HERNANDEZ

**DIRECTOR:** Ing. CARLOS OSWALDO SERRANO AGUIAR

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Cristian Alejandro Ramos Hernández

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, CRISTIAN ALEJANDRO RAMOS HERNÁNDEZ, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de diciembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cristian Ramos', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

**Cristian Alejandro Ramos Hernandez**  
**060405522-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZAR JUNTAS DE ACERO A36 SOLDADAS MEDIANTE EL PROCESO FCAW**, realizado por el señor: **CRISTIAN ALEJANDRO RAMOS HERNANDEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. M.Sc. Edwin Fernando Viteri Nuñez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-07
Ing. M.Sc. Carlos Oswaldo Serrano Aguiar <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-07
Ing. M.Sc. Andrés Joao Noguera Cundar <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-07

## **DEDICATORIA**

A mis padres Rosario y Patricio quienes, con su esfuerzo y sacrificio, han sido un apoyo incondicional para lograr cumplir esta meta, inculcando la responsabilidad, respeto y trabajo. A mis hermanas Paulina y Myriam, que han estado en los momentos más difíciles. Finalmente, a Sophy y Cathy quienes han sido las personas que me han dado fortaleza.

*Cristian*

## **AGRADECIMIENTO**

A toda mi familia quienes han sido los precursores y por los cuales he podido cumplir mis objetivos. A mis amigos con su apoyo incondicional. A mis profesores que fueron los que me impartieron su conocimiento, en especial al Ing. Carlos Serrano por su predisposición y apoyo para la realización de este trabajo.

*Cristian*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCION .....	1

### CAPITULO I

<b>1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Delimitaciones.....	3
1.3 Formulación del problema .....	4
1.4 Justificación .....	4
1.4.1 <i>Justificación Teórica</i> .....	4
1.4.2 <i>Justificación Metodológica</i> .....	4
1.4.3 <i>Justificación Práctica</i> .....	4
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 <i>Objetivo General</i> .....	5
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPITULO II

<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>6</b>
2.1 Caracterizar .....	6
2.1.1 <i>Propiedades mecánicas</i> .....	6
2.1.2 <i>Propiedades metalográficas</i> .....	7
2.2 Preparación de las juntas .....	7
2.2.1 <i>Tipo de juntas</i> .....	8
2.2.2 <i>Consideraciones de diseño</i> .....	8
2.3 Posiciones para soldar.....	8
2.3.1 <i>Posición plana (1G)</i> .....	8
2.3.2 <i>Posición horizontal (2G)</i> .....	9



2.3.3	<i>Posición vertical (3G)</i> .....	9
2.3.4	<i>Posición sobre cabeza (4G)</i> .....	10
2.4	Acero ASTM A36 .....	10
2.4.1	<i>Propiedades mecánicas</i> .....	10
2.4.2	<i>Propiedades químicas</i> .....	11
2.5	Soldadura .....	11
2.5.1	<i>Terminología</i> .....	11
2.6	Proceso de soldadura FCAW .....	12
2.6.1	<i>Equipo de soldadura FCAW</i> .....	12
2.6.2	<i>Parámetros del proceso FCAW</i> .....	13
2.7	Material de aporte .....	14
2.8	Ensayos no destructivos .....	14
2.8.1	<i>Inspección visual</i> .....	14
2.8.2	<i>Ultrasonido</i> .....	14
2.9	Ensayos destructivos .....	15
2.9.1	<i>Tracción</i> .....	15
2.9.2	<i>Dureza</i> .....	15
2.9.3	<i>Caracterización metalográfica</i> .....	15

### CAPITULO III

3	MARCO METODOLÓGICO .....	17
3.1	Material base .....	17
3.2	Obtención de cupones de soldadura .....	18
3.2.1	<i>Equipos de corte</i> .....	18
3.3	Preparación de cupones de soldadura .....	19
3.3.1	<i>Equipo de mecanizado</i> .....	20
3.4	Caracterización del material base .....	21
3.4.1	<i>Equipo de espectrometría</i> .....	21
3.4.2	<i>Procedimiento para determinar la composición del material base</i> .....	21
3.5	Soldadura de placas con proceso FCAW .....	22
3.5.1	<i>Metal de aporte</i> .....	22
3.5.2	<i>Parámetros seleccionados</i> .....	23
3.5.3	<i>Equipo de soldadura</i> .....	23
3.6	Ensayos no destructivos .....	24
3.6.1	<i>Codificación de juntas soldadas</i> .....	24

3.6.2	<i>Metodología para inspección visual</i> .....	25
3.6.3	<i>Metodología para ensayos de Ultrasonido</i> .....	25
3.7	<b>Ensayos destructivos</b> .....	27
3.7.1	<i>Metodología para obtención de las probetas</i> .....	28
3.7.2	<i>Metodología para ensayos de Tracción</i> .....	29
3.7.3	<i>Metodología para ensayos de doblado de cara y raíz</i> .....	31
3.7.4	<i>Metodología para ensayos metalográficos</i> .....	32
3.7.5	<i>Metodología para ensayos de dureza Brinell</i> .....	35

#### CAPITULO IV

4	<b>RESULTADOS</b> .....	38
4.1	<b>Espectrometrías</b> .....	38
4.2	<b>Parámetros de juntas soldadas</b> .....	39
4.3	<b>Inspección UT</b> .....	41
4.4	<b>Ensayos de doblado de cara y raíz</b> .....	44
4.5	<b>Ensayos de tracción</b> .....	44
4.6	<b>Dureza Brinell</b> .....	46
4.7	<b>Análisis metalográfico</b> .....	48
4.7.1	<i>Medición del cordón</i> .....	49
4.7.2	<i>Micrografías</i> .....	53
4.8	<b>Resumen de ensayos</b> .....	66
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	68
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	69
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Número y tipos de probetas .....	7
<b>Tabla 1-2:</b>	Propiedades mecánicas.....	11
<b>Tabla 2-2:</b>	Propiedades químicas ASTM A36 .....	11
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos técnicos máquina oxicorte.....	18
<b>Tabla 2-3:</b>	Datos técnicos máquina de fresado .....	20
<b>Tabla 3-3:</b>	Datos técnicos del equipo de espectrometría.....	21
<b>Tabla 4-3:</b>	Composición química del alambre de aporte .....	22
<b>Tabla 5-3:</b>	Propiedades mecánicas alambre E71T11- ELEKTRO.....	23
<b>Tabla 6-3:</b>	Parámetros en placas de 6 mm FCAW .....	23
<b>Tabla 7-3:</b>	Parámetros en placas de 8 mm FCAW .....	23
<b>Tabla 8-3:</b>	Parámetros en placas de 10 mm FCAW .....	23
<b>Tabla 9-3:</b>	Especificaciones técnicas equipo multiproceso.....	24
<b>Tabla 10-3:</b>	Codificación para END .....	24
<b>Tabla 11-3:</b>	Especificaciones técnicas equipo de ultrasonido.....	25
<b>Tabla 12-3:</b>	Especificaciones técnicas del equipo de corte en frío .....	28
<b>Tabla 13-3:</b>	Especificaciones técnicas Máquina Universal.....	30
<b>Tabla 14-3:</b>	Especificaciones técnicas máquina para doblados cara y raíz.....	31
<b>Tabla 15-3:</b>	Especificaciones técnicas Microscopio Nikon .....	34
<b>Tabla 16-3:</b>	Tamaño de grano ASTM .....	35
<b>Tabla 1-4:</b>	Espectrometría ASTM A-36 placa 6 mm. ....	38
<b>Tabla 2-4:</b>	Espectrometría ASTM A-36 placa 8 mm. ....	38
<b>Tabla 3-4:</b>	Espectrometría ASTM A-36 placa 10 mm. ....	38
<b>Tabla 4-4:</b>	Parámetros para placas de 6 mm luego de ser soldadas proceso FCAW .....	39
<b>Tabla 5-4:</b>	Parámetros para placas de 8mm luego de ser soldadas proceso FCAW .....	40
<b>Tabla 6-4:</b>	Parámetros para placas de 10 mm luego de ser soldadas proceso FCAW .....	40
<b>Tabla 7-4:</b>	Resumen ensayos de UT .....	41
<b>Tabla 8-4:</b>	Resumen doblado de cara y raíz probetas 6 mm .....	44
<b>Tabla 9-4:</b>	Resumen doblado de cara y raíz probetas 8 mm .....	44
<b>Tabla 10-4:</b>	Resumen doblado de cara y raíz probetas 10 mm .....	44
<b>Tabla 11-4:</b>	Resumen de ensayos de tracción .....	45
<b>Tabla 12-4:</b>	Dureza Brinell en placas de 6 mm.....	46
<b>Tabla 13-4:</b>	Dureza Brinell en placas de 8 mm.....	46
<b>Tabla 14-4:</b>	Dureza Brinell en placas de 10 mm.....	47
<b>Tabla 15-4:</b>	Medidas en el cordón de soldadura placas de 6 mm .....	49

<b>Tabla 16-4:</b> Medidas en el cordón de soldadura placas de 8 mm .....	50
<b>Tabla 17-4:</b> Medidas en el cordón de soldadura placas de 10 mm .....	52
<b>Tabla 18-4:</b> Resultado global ensayos cupones 6 mm .....	67
<b>Tabla 19-4:</b> Resultado global ensayos cupones 8 mm .....	67
<b>Tabla 20-4:</b> Resultado global ensayos cupones 10 mm .....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Muestra de acero en un disco de resina .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Posición plana.....	9
<b>Ilustración 3-2:</b>	Posición horizontal .....	9
<b>Ilustración 4-2:</b>	Posición Vertical.....	10
<b>Ilustración 5-2:</b>	Posición sobre cabeza .....	10
<b>Ilustración 6-2:</b>	Equipo multiprocesos .....	13
<b>Ilustración 1-3:</b>	Metodología utilizada .....	17
<b>Ilustración 2-3:</b>	Plancha de metal acero A-36 .....	17
<b>Ilustración 3-3:</b>	Disposición para porte de placas medidas mm .....	18
<b>Ilustración 4-3:</b>	Corte de placa 8 mm .....	19
<b>Ilustración 5-3:</b>	Placas cortadas con escoria.....	19
<b>Ilustración 6-3:</b>	Dimensiones de juntas a tope.....	19
<b>Ilustración 7-3:</b>	Placa mecanizada.....	20
<b>Ilustración 8-3:</b>	Muestra colocada en el equipo.....	21
<b>Ilustración 9-3:</b>	Placas previo a realizar la unión con proceso FCAW.....	22
<b>Ilustración 10-3:</b>	Alambre E-71T11 .....	22
<b>Ilustración 11-3:</b>	Áreas de barrido en placa 10 mm .....	26
<b>Ilustración 12-3:</b>	Ejecución de UT SINDES S.A. ....	26
<b>Ilustración 13-3:</b>	Dimensiones en mm.....	27
<b>Ilustración 14-3:</b>	Trazado en los cupones.....	28
<b>Ilustración 15-3:</b>	Corte de probetas .....	29
<b>Ilustración 16-3:</b>	Dimensiones para probetas de tracción.....	29
<b>Ilustración 17-3:</b>	Probetas mecanizadas .....	30
<b>Ilustración 18-3:</b>	Doblado de cara .....	31
<b>Ilustración 19-3:</b>	Disposición y dimensiones en mm de muestra extraída .....	32
<b>Ilustración 20-3:</b>	Probeta en el banco de desbaste.....	33
<b>Ilustración 21-3:</b>	Partes a medir del cordón de soldadura .....	33
<b>Ilustración 22-3:</b>	Trazado de líneas ZAC FCAW 6-125 .....	34
<b>Ilustración 23-3:</b>	Probeta con indentaciones en zonas específicas .....	36
<b>Ilustración 1-4:</b>	Comparativa de espectrometrías del material base .....	39
<b>Ilustración 2-4:</b>	Espesor del material Vs Resistencia .....	45
<b>Ilustración 3-4:</b>	Perfil de dureza juntas soldadas de 6 mm .....	46
<b>Ilustración 4-4:</b>	Perfil de dureza juntas soldadas de 8 mm .....	47
<b>Ilustración 5-4:</b>	Perfil de dureza juntas soldadas de 10 mm.....	48

<b>Ilustración 6-4:</b>	Zonas de análisis para metalografía .....	48
<b>Ilustración 7-4:</b>	Comparativas medidas de cordón de soldadura 6 mm.....	50
<b>Ilustración 8-4:</b>	Comparativas medidas de cordón de soldadura 8 mm.....	51
<b>Ilustración 9-4:</b>	Comparativas medidas de cordón de soldadura 10 mm.....	53
<b>Ilustración 10-4:</b>	Metalografía FCAW-125-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	54
<b>Ilustración 11-4:</b>	Metalografía FCAW-175-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	55
<b>Ilustración 12-4:</b>	Metalografía FCAW-200-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	55
<b>Ilustración 13-4:</b>	Metalografía FCAW-230-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	56
<b>Ilustración 14-4:</b>	Metalografía FCAW-150-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	57
<b>Ilustración 15-4:</b>	Metalografía FCAW-175-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	57
<b>Ilustración 16-4:</b>	Metalografía FCAW-225-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	58
<b>Ilustración 17-4:</b>	Metalografía FCAW-300-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	59
<b>Ilustración 18-4:</b>	Metalografía FCAW-225-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	59
<b>Ilustración 19-4:</b>	Metalografía FCAW-275-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	60
<b>Ilustración 20-4:</b>	Metalografía FCAW-325-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	61
<b>Ilustración 21-4:</b>	Metalografía FCAW-375-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.	61
<b>Ilustración 22-4:</b>	Metalografía FCAW-125-6 Me (a) ZAC y (b) MB .....	62
<b>Ilustración 23-4:</b>	Metalografía FCAW-175-6-Me (a) ZAC y (b) MB.....	62
<b>Ilustración 24-4:</b>	Metalografía FCAW-200-6-Me (a) ZAC y (b) MB.....	63
<b>Ilustración 25-4:</b>	Metalografía FCAW-230-6-Me (a) ZAC y (b) MB.....	63
<b>Ilustración 26-4:</b>	Metalografía FCAW-150-8-Me (a) ZAC y (b) MB.....	63
<b>Ilustración 27-4:</b>	Metalografía FCAW-175-8-Me (a) ZAC y (b) MB.....	64
<b>Ilustración 28-4:</b>	Metalografía FCAW-225-8-Me (a) ZAC y (b) MB.....	64
<b>Ilustración 29-4:</b>	Metalografía FCAW-300-8-Me (a) ZAC y (b) MB.....	65
<b>Ilustración 30-4:</b>	Metalografía FCAW-225-10-Me (a) ZAC y (b) MB.....	65
<b>Ilustración 31-4:</b>	Metalografía FCAW-275-10-Me (a) ZAC y (b) MB. ....	65
<b>Ilustración 32-4:</b>	Metalografía FCAW-325-10-Me (a) ZAC y (b) MB.....	66
<b>Ilustración 33-4:</b>	Metalografía FCAW-375-10-Me (a) ZAC y (b) MB.....	66

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3:</b>	Determinar diámetro E .....	35
<b>Ecuación 2-3:</b>	Determinar tamaño de grano.....	35
<b>Ecuación 3-3:</b>	Dureza Brinell.....	37

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS)
- ANEXO B:** INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE ULTRASONIDO.
- ANEXO C:** INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE DOBLADO DE CARA Y RAÍZ.
- ANEXO D:** INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS DE TRACCIÓN EN SECCIÓN REDUCIDA.

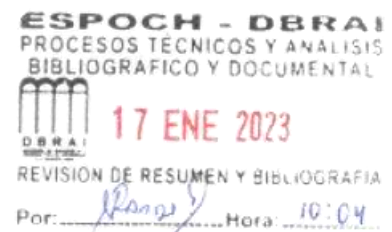


## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de propiedades mecánicas y caracterización metalográfica de juntas soldadas de acero de ASTM A-36 mediante el proceso FCAW con alambre tubular E71T11 de 1.2 mm de diámetro; aplicando el código de soldadura AWS D1.1 2020. Se realizó cambios en variables como voltaje, intensidad de corriente y velocidad de alimentación. El proceso de soldadura se lo realizó con un equipo Lincoln Arc R3S. Las juntas fueron soldadas en 3 grupos de espesores, cada grupo cuenta con 4 variaciones en el cordón de soldadura. Además, los procesos de soldadura cuentan con un WPS de respaldo. Una vez realizados los cordones de soldadura se aplicaron ensayos de ultrasonido e inspección visual para descartar discontinuidades, imperfecciones superficiales y fusión incompleta. Seguidamente se obtuvieron de cada cupón de soldadura las probetas para los distintos ensayos con su respectiva codificación. En las probetas correspondientes para micrografías se logró identificar el material de aporte, material base y la zona afectada por el calor, misma en la que se identificó la microestructura y luego fue comparada con el material base. Con el uso de un durómetro se determinó el perfil de dureza en el material base, ZAC y el material de aporte. Se concluye que luego de aplicar los ensayos no destructivos y destructivos, se consiguieron mejores condiciones con los parámetros establecidos en los WPS de los siguientes cupones FCAW-230-6, FCAW-225-8, FCAW-300-8 y FCAW-225-10, evidenciando que sus propiedades mecánicas y metalográficas no cambian de manera significativa. Se recomienda, que las probetas obtenidas de los cupones de soldadura tengan un corte refrigerado para que no existe ningún tipo de calentamiento mismo que puede variar propiedades mecánicas y metalográficas por lo tanto modificará los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** <PROCESO FCAW> <ACERO ASTM A36> <NORMA AWS D1.1> <ZAC> <PROPIEDADES MECÁNICAS> <ANÁLISIS METALOGRAFICO>

0144-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The present work had as objective the evaluation of mechanical properties and metallographic characterization of welded joints of ASTM A-36 steel through the FCAW process with cored wire E71T11 of 1.2 mm in diameter; applying the AWS D1.1 2020 welding code. Changes were made in variables such as voltage, current intensity, and feed speed. The welding process was carried out with a Lincoln Arc R3S equipment. The joints were welded in 3 thickness groups, each group has 4 variations in the weld seam. In addition, the welding processes have a backup WPS. Once the weld beads were made, ultrasound tests and visual inspection were applied to rule out discontinuities, surface imperfections and incomplete fusion. Subsequently, the specimens for the different tests with their respective coding were obtained from each welding coupon. In the corresponding test tubes for micrographs, it was possible to identify the filler material, base material and the zone affected by heat, the same in which the microstructure was identified and then compared with the base material. With the use of a durometer, the hardness profile in the base material, ZAC and the filler material was determined. It is concluded that after applying the non-destructive and destructive tests, better conditions were achieved with the parameters established in the WPS of the following coupons FCAW-230-6, FCAW-225-8, FCAW-300-8 and FCAW-225- 10, evidencing that its mechanical and metallographic properties do not change significantly. It is recommended that the specimens obtained from the weld coupons have a refrigerated cut so that there is no type of heating that can vary mechanical and metallographic properties, therefore it will modify the results obtained.

**Keywords:** <FCA W PROCESS> <ASTM A36 STEEL> <A WS D 1.1 STANDARD> <ZAC>  
<MECHANICAL PROPERTIES> <MET ALOGRAPHIC ANAL YSIS>



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

CI:0603747809

## INTRODUCCION

Para soldar un material metálico se debe tomar en cuenta que existen diversos procesos, por lo cual es importante determinar cuál es el más adecuado. En este trabajo se utilizó el proceso FCAW-S (Self-Shielded Flux Cored Arc Welding), caracterizado por el empleo un alambre tubular que genera una atmosfera autoprotegida por los componentes tipo fundentes presentes en el interior, para muchos este proceso es ideal para soldadura de campo (Sánchez y Rincón, 2017, p21). Debido a que la soldadura juega un papel importante en la industria ecuatoriana es indispensable determinar los parámetros adecuados para generar soldaduras que cumplan con estándares dispuestos por normas.

Esta investigación se estructura de 4 capítulos. En el capítulo I, se plantean los antecedentes y problemática del proceso, también el objetivo el cual se centra en evaluar las juntas de acero ASTM A36. En el capítulo II, “Fundamentos Teóricos” se presenta el estado de arte con conceptos que permitan comprender el desarrollo de este estudio con definiciones dadas por la AWS. Para el capítulo III, “Marco Metodológico” se presenta el tipo de metodología y equipos para preparar las juntas y realizar ensayos destructivos (ED) y no destructivos (END). En el capítulo IV, “Resultados”, se muestran con detalle los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, y se hace un análisis de los cupones que cumplen con las disposiciones de la norma AWS D1.1 2020.

## CAPITULO I

### 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

El proceso FCAW, se lo realiza con un electrodo consumible de alambre tubular y la pieza a soldar, para lo cual se emplea una autoprotección para el arco dependiendo de la composición y combustión del fundente solidos que se encuentra en el alambre, las propiedades mecánicas afectadas generalmente son la ductilidad y la resistencia al impacto, por lo que algunos códigos de soldadura prohíben su uso para el caso de que se necesite una resistencia a la fluencia mayor a 42KSI (Giachino,1981 p. 463).

Para Syarul, Izatul, Amalina, Y Abdul (2012) los factores que influyen en la penetración en el proceso de soldado son la intensidad de corriente, el voltaje y la velocidad de avance de soldadura, obteniendo una mejor penetración con un voltaje de 30V en comparación con los de 22V y 26V. Sin embargo, la dureza se verá afectada conforme se incremente el voltaje del arco y la corriente debido a los cambios estructurales en los límites del grano.

También se determina que en las uniones soldadas se observó un aumento considerable de tamaño de grano en la ZAC, siendo este efecto más marcado cuando se soldó con una sola pasada, además se mostraron mayores valores de dureza cuando se soldó con el consumible E81T1NiC frente al consumible E71T11 y ningún efecto significativo del calor aportado en la ZAC. (Marconi, Castillo, Boccanera y Ramini 2015)

(Rezende 2010) destaca que el aumento del voltaje de soldadura de 26V a 34V resultó en un ancho mayor en el cordón de soldadura, pero presentó reducciones de la penetración y al realizar un cambio en la alimentación del alambre se determinó que el cordón aumentaba en su ancho y en la penetración.

Según (Calderón, 2014) en su investigación denominada “Estudios comparativos de la soldabilidad en aceros (ASTM A36, A588 y A572) mediante el proceso FCAW”, menciona que al analizar visualmente se obtienen soldadura con un buen acabado superficial y a simple vista no parecen tener fallas, pero que es necesario aplicar pruebas adicionales como radiaciones penetrantes o ultrasonido ya que de esta manera se llega a descartar porosidades o inclusiones y que en el caso de que existan deberán ser comparadas con las permitidas en la norma.

(Tobar, 2015) En su investigación titulada “Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36”, analiza que en una junta soldada existe una mayor probabilidad de formación de microestructuras adversa en la parte superior del cordón de soldadura, entre el material de aporte y el límite de fusión dado que es una zona crítica por la unión de dos materiales diferentes, además los factores ambientales juegan un papel importante ya que al ser soldados a la intemperie hacen que las juntas pierdan calor más rápido, se descartó la existencia de martensita en todas las juntas soldadas pero se evidenció la presencia de bainita en el acero ASTM A36 de 12 mm de espesor.

En el presente estudio se pretende analizar las propiedades mecánicas y características microestructurales de placas de acero A36 al variar parámetros en el proceso de soldadura FCAW como voltaje, intensidad de corriente y velocidad de alimentación de alambre para diferentes espesores y como esto puede repercutir en el desempeño de las juntas, para posteriormente identificar las alteraciones a las que estaría sujeta la zona afectada por el calor y sus alrededores el acero ASTM A36.

## **1.2 Delimitaciones**

Se hará uso de la norma AWS D1.1 2020 y se preparará cupones de juntas a tope con ranura en V de placas de acero ASTM A36 en espesores de 6 mm, 8 mm y 10 mm para ser soldadas mediante el proceso FCAW, además se realizará variaciones de voltaje, intensidad de corriente y velocidad de alimentación del alambre para cada uno de los espesores, posteriormente se extraerá las probetas de los cupones; para realizar una inspección visual y evaluación de soldadura por ultrasonido; además se realizará ensayos mecánicos de tracción en sección reducida (2 probetas), doblado de raíz (2 probetas), doblado de cara (2 probetas), una probeta adicional para determinar dureza y determinar características metalográficas, dando un total de 84 probetas.

Para la determinación de características metalográficas se medirá la zona afectada por el calor (ZAC), se realizará un macro y un micro ataque químico para determinar la microestructura en el metal base, metal de aporte y la ZAC.

Para los ensayos mecánicos se empleará un laboratorio particular, mientras que para los demás ensayos se hará uso de los laboratorios de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Finalmente se analizarán los resultados obtenidos mediante técnicas estadísticas al realizar las variaciones para el proceso.

### **1.3 Formulación del problema**

Debido a la importancia que tienen los procesos de soldadura en la industria moderna, se debe tener un cuidado minucioso a las juntas soldadas, ya que de ellas depende muchos procesos productivos. La falta de estudios en los efectos producidos por el proceso FCAW, muestra un amplio campo de estudio y experimentación para evitar que los sistemas fallen.

En la presente investigación lo que se pretende es determinar cómo influye la variación de parámetros o variables esenciales del proceso FCAW, en la soldabilidad, en las propiedades mecánicas y cambios microestructurales de las juntas soldadas en acero ASTM A36.

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 *Justificación Teórica***

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar con el conocimiento para la caracterización de juntas a tope soldadura de ranura de acero ASTM A36 mediante variaciones de voltaje, intensidad de corriente y espesores de placas para el proceso de soldadura FCAW, cuyos resultados podrán ser replicados y posteriormente analizados mediante técnicas estadísticas para determinar el desempeño que tendrán las juntas soldadas.

#### **1.4.2 *Justificación Metodológica***

La elaboración de juntas de acero ASTM A36 mediante el proceso FCAW, serán realizados aplicando la norma AWS D1.1 2020, posteriormente los procedimientos para la preparación, validación y caracterización de las juntas soldadas.

#### **1.4.3 *Justificación Práctica***

Con la realización de este estudio se pretende observar los efectos que tendrán las juntas soldadas mediante el proceso FCAW, tanto en propiedades mecánicas como en la microestructura, como principales documentos de referencia para procedimientos de soldadura y factores de control se tendrán publicaciones hechas por la Sociedad Americana de Soldadura AWS (American Welding Society), específicamente la norma AWS D1.1 2020, teniendo un particular interés de estudio la zona afectada por el calor y sus alrededores.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 *Objetivo General***

Evaluar experimentalmente las juntas de acero ASTM A36 soldadas mediante el proceso FCAW.

### **1.5.2 *Objetivos específicos***

- Preparar cupones de soldadura en acero ASTM A36 en espesores de 6 mm, 8 mm y 10 mm para soldar mediante el proceso FCAW de acuerdo a la norma AWS D1.1 2020.
- Realizar la soldadura con variaciones de voltaje, intensidad de corriente y velocidad de alimentación en el proceso FCAW.
- Verificar discontinuidades internas de las juntas soldadas mediante ensayos de ultrasonido.
- Realizar ensayos mecánicos y analizar metalográficamente las juntas soldadas de acero ASTM A36.
- Analizar los resultados obtenidos mediante técnicas estadísticas al variar los parámetros establecidos.

## CAPITULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se presenta el estado de arte del proceso de Soldadura FCAW, enfocado en la variación de variables fundamentales tales como voltaje, intensidad de corriente, velocidad de alimentación del alambre y espesor del material base, poniendo en práctica las definiciones e indicaciones dadas por la Sociedad Americana de Soldadura o AWS para tener un procedimiento de soldadura.

#### 2.1 Caracterizar

Las propiedades de los materiales son el conjunto de características que hacen que un material se comporte de una determinada manera. Dependiendo de dichas propiedades se los puede seleccionar para diversas aplicaciones de ingeniería por lo que es importante conocer cómo se mide y cuanto miden (Aristizábal y Manrique, 2017, p.9).

##### 2.1.1 *Propiedades mecánicas*

El diseño eficiente de la soldadura puede alterar las propiedades físicas y mecánicas dentro del metal de soldadura, de la misma manera que afectar a las del metal base. Las propiedades mecánicas de la soldadura dependen de la microestructura, la cual depende a su vez de las transformaciones de fases gobernadas por los diagramas de transformación de enfriamiento continuo (CCT) (Payares, Galezo y Graciano, 2007).

Las propiedades mecánicas de un material, es como este soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas. Las principales son: dureza, tenacidad, fragilidad, cohesión, elasticidad, plasticidad, resiliencia y fatiga (Capote, 2011).

- Dureza, resistencia que presenta un cuerpo a ser rayado o penetrado.
- Tenacidad, resistencia que tiene un cuerpo a la rotura.
- Fragilidad, es la poca o nula capacidad de un cuerpo a deformarse.
- Elasticidad, capacidad de un cuerpo a ser deformados por fuerzas exteriores, y al quitar dichas fuerzas, este recupera su forma original.
- Plasticidad, es la capacidad que tiene un cuerpo para adquirir deformaciones permanentemente sin llegar a la rotura (ductilidad y maleabilidad).



- Fatiga, capacidad de un cuerpo para resistir esfuerzos repetitivos y variables en magnitud y sentido.

## 2.1.2 Propiedades metalográficas

### 2.1.2.1 Micrografía metalográfica

Para realizar las micrografías y macrografías de cada muestra, generalmente se debe colocar las muestras en un disco de resina, y luego se realiza un pulido para obtener un acabado tipo espejo, que permita visualizar la microestructura de las probetas en el microscopio (Flores y Suárez, 2020).



**Ilustración 1-2:** Muestra de acero en un disco de resina

Fuente: (Flores et al, 2020)

## 2.2 Preparación de las juntas

Para Medina (, p.4) “la junta es la parte a rellenar de metal situada entre dos o más planchas que tienen los bordes convenientemente preparados”.

En la norma AWS D1.1 2020 se mencionan los siguientes ensayos y números de probetas.

**Tabla 1-1:** Número y tipos de probetas

Espesor nominal de placa (T) probado, pulg. [mm]	Cantidad de probetas				Espesor nominal del metal base calificado, pulg. [mm]	
	Tracción en sección reducida (ver Fig. 6.10)	Doblado de raíz (ver Fig. 6.8)	Doblado de cara (ver Fig. 6.8)	Doblado lateral (ver Fig. 6.9)	Min.	Máx. <sup>a</sup>
1/8 ≤ T ≤ 3/8 [3 ≤ T ≤ 10]	2	2	2	(Nota al pie, d)	1/8	2T
3/8 < T < 1 [10 < T < 25]	2	—	—	4	1/8	2T
1 y más [25 y más]	2	—	—	4	1/8	ilimitado

Fuente: (AWS D1.1/D1.1M,2020)

## **2.2.1 Tipo de juntas**

### **2.2.1.1 Juntas a tope**

- *Juntas a tope*, el costo de preparación es bajo, solo se necesita del emparejamiento de las caras a soldar, recomendable para espesores de menos de 6 mm.
- *Juntas a tope en V*, la preparación de estas es más cara que las juntas simples, forma un ángulo de 60° y es ideal para espesores de 5 mm a 12 mm.
- *Juntas a tope en doble V o X*, consumen aproximadamente la mitad de material de aporte de las juntas a tope en V, pero es más costosa su preparación, adecuada para espesores de 12 hasta 20 mm.
- *Juntas a tope en U*, usa menos material de aporte que las juntas en V pero su costo de preparación es más elevado, es adecuado para espesores de planchas entre 12 a 20 mm
- *Juntas a tope en Doble U*, su preparación es la más costosa de todas aplicable para planchas de acero con un espesor superior a 20mm.

## **2.2.2 Consideraciones de diseño**

Para el diseño de uniones a tope es prudente considerar los siguientes aspectos:

- La unión deberá diseñarse de modo que sea posible mantener una extensión del electrodo o alambre constante al soldar pasadas sucesivas en la unión.
- La unión deberá diseñarse de modo que la raíz este accesible y sea posible efectuar con facilidad todas las manipulaciones necesarias del electrodo o del alambre.

## **2.3 Posiciones para soldar**

Las posiciones de soldadura, se refieren directamente a la posición del eje de la soldadura en los diferentes planos de soldar, en soldadura existen normas y códigos que rigen las diferentes posiciones vigentes para ejecutar trabajos en diferentes materiales y perfiles soldadura a tope designada con la letra G según la normativa americana (A.W.S.) (Labrador, 2019).

### **2.3.1 Posición plana (1G)**

Los materiales base o piezas a soldar están en la superficie plana. El material adicional viene del electrodo o alambre que está direccionado a la pieza, depositando el material de aporte en ese sentido (Labrador, 2019).

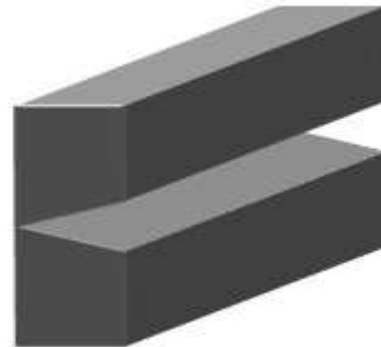


**Ilustración 2-2:** Posición plana

**Fuente:** (Labrador, 2019)

### **2.3.2** *Posición horizontal (2G)*

El material base a soldar está colocada en posición horizontal respecto a un plano vertical. El eje de la soldadura se extiende horizontalmente, siendo necesario que el soldador cuente con habilidades para depositar el material de aporte en esta posición (Labrador, 2019).



**Ilustración 3-2:** Posición horizontal

**Fuente:** (Labrador, 2019)

### **2.3.3** *Posición vertical (3G)*

En esta posición el eje de la soldadura recibe el material de aporte de forma vertical, ubicando el electrodo o boquilla de alimentación de alambre de manera horizontal (Labrador, 2019).



**Ilustración 4-2:** Posición Vertical

Fuente: (Labrador, 2019)

#### **2.3.4** *Posición sobre cabeza (4G)*

Considerada una de las posiciones más complicadas de ejecutar, ya que la junta se la hace sobre la cabeza del soldador, depositando el material de aporte por la parte inferior, esta posición es opuesta a la posición 1G (Labrador, 2019).



**Ilustración 5-2:** Posición sobre cabeza

Fuente: (Labrador, 2019)

### **2.4** *Acero ASTM A36*

El acero ASTM A36, es uno de los materiales más utilizados para aplicaciones estructurales debido a que su disponibilidad y presentaciones que existen en el mercado, lo cual lo convierte en el favorito en la industria ecuatoriana. Además, posee unas características y propiedades que resulta de una composición estandarizada de elementos químicos siendo el más importante el hierro y el de menor presencia el carbón, mismo que no debe sobrepasar de 1,2% en peso de la composición hallándolo usualmente en el mercado con un promedio de 0,2% a 0.3% (Bogan 2018).

#### **2.4.1** *Propiedades mecánicas*

El acero A36 es una aleación de acero al carbono muy comúnmente usado en la construcción de estructuras, además vienen en presentaciones de planchas, tubos, barras laminas, platinas, ángulos y perfiles estructurales (Gudiño, 2004), además se puede evidenciar que posee un esfuerzo de fluencia teórico de 2530 kg/cm<sup>2</sup> (250 MPa, 36 ksi), y su soldabilidad es adecuada. Se desarrolló

desde hace muchos años se lo emplea para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas (Díaz, 2019).

**Tabla 1-2: Propiedades mecánicas**

Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(kg/mm <sup>2</sup> )	MPa	(kg/mm <sup>2</sup> )	MPa	%
25,5 (mín)	250 (mín)	40,8 (mín)	400(mín)	20 (mín)

Fuente: Espinoza y Pazmiño, 2019

Realizado por: Ramos, Cristian 2021

## 2.4.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas dependen de los elementos que compongan al acero ASTM A36, a continuación, se detalla la composición química.

**Tabla 2-2: Propiedades químicas ASTM A36**

Placas hasta 20 mm					
% C (max)	% Mn (max)	% P (max)	% S	% Si	% Cu
0,25	-	0,04	0,05	0,4 max	0,2

Fuente: Flores, 2016

Realizado por: Ramos, Cristian 2021

## 2.5 Soldadura

### 2.5.1 Terminología

#### 2.5.1.1 Material Base

Material sometido a soldadura, soldadura fuerte, soldadura blanda o corte (AWS A3.0).

#### 2.5.1.2 Material de aporte

Material que se agrega cuando se suelda una junta por soldadura, soldadura fuerte o soldadura blanda. Véase también metal de relleno para soldadura fuerte por capilaridad, inserto consumible, ayuda de difusión, metal de aporte, soldadura blanda, electrodo de soldadura, metal de aporte para soldadura, varilla para soldadura y alambre para soldadura. (AWS A3.0)

### 2.5.1.3 *Cordón de soldadura*

Cordón de soldadura que penetra en la raíz de la junta o que incluye parte o la totalidad de ésta.  
(AWS A3.0)

### 2.5.1.4 *Zona afectada por el calor*

Porción del metal base cuyas propiedades mecánicas o microestructura han sido alteradas por el calor, ya sea de soldadura, soldadura fuerte por capilaridad, soldadura blanda o corte técnico.  
(AWS A3.0)

## **2.6 Proceso de soldadura FCAW**

El proceso de soldadura de arco con núcleo de fundente (FCAW), es muy similar al de soldadura por arco metálico y gas, excepto por el uso de un electrodo tubular en el cual este relleno con un fundente. Los electrodos con núcleo producen un arco más estable y aporte de mejores propiedades mecánicas al metal base, además de mejorar el contorno de la soldadura. Estos electrodos cuentan con un fundente mucho más flexible que el frágil recubrimiento que es usado en el proceso SMAW (Kalpakjian et al., 2008).

Generalmente el alambre de aporte varía desde los 0.5 mm a 4 mm, existen alambres con un núcleo y protección propia, por lo que no necesita de protección externa con gas debido a que en el núcleo contiene fundentes que desprenden gases y protegen la zona de soldadura contra la atmósfera.

El proceso FCAW aprovecha el arco eléctrico entre el metal base y un alambre continuo de metal de aporte. Este tipo de soldadura emplea un alambre tubular que en su interior contiene fundente, el mismo que ayuda a que se forme una capa protectora en el cordón de soldadura. Existen dos tipos de alambre tubular, el que contiene en su interior un fundente y el que necesita de una protección externa gaseosa (Medina y Quispe, 2020).

### **2.6.1 *Equipo de soldadura FCAW***

Los equipos utilizados en el proceso de soldadura FCAW son similares a los empleados en el proceso GMAW (MIG/MAG), este equipo es similar para el alambre tubular autoprotegido y con gas de protección, como el mostrado en la Ilustración 6-2 (Hernández, 2016).



**Ilustración 6-2:** Equipo multiprocesos

Fuente (Marín, 2016)

## **2.6.2 Parámetros del proceso FCAW**

### **2.6.2.1 Voltaje**

El voltaje y la longitud de arco están íntimamente relacionados, se indica en el medidor de la fuente de potencia la suma de las caídas del voltaje en todo el circuito, puede afectar el aspecto, la integridad y las propiedades de las soldaduras (Fernández, 2016).

Un voltaje excesivo puede provocar salpicaduras y franjas de soldadura anchas e irregulares.

La norma AWS D1.1 2020 establece modificar en 7% en el incremento o disminución para cada espesor seleccionado.

### **2.6.2.2 Intensidad de corriente**

Para Fernández (2016, p. 29) la corriente de soldadura es proporcional a la velocidad de alimentación del alambre, al modificar la corriente se tendrán los siguientes efectos preponderantes:

- Un incremento de corriente eleva la tasa de deposición del material de aporte e incremento de la penetración.
- Una corriente escasa produce transferencias de gotas grandes y demasiadas salpicaduras, además de absorción excesiva de nitrógeno y porosidad del material de aporte.

En la norma AWS D1.1 2020 se establece modificar en 10% el incremento o disminución para cada espesor seleccionado.

## **2.7 Material de aporte**

Los alambres tubulares son parecidos a los usados en los procesos MIG/MAG, su diferencia radica en que son huecos y en su interior contienen una mezcla de fundentes que tiene las funciones similares a las del revestimiento de los electrodos. La cantidad de fundente depende el fabricante generalmente es de un 15 a 30 % del peso (LINCOLN ELECTRIC, p10).

El alambre es una funda de acero de bajo carbono o de aleación que rodea un núcleo de materiales fundentes, la composición del núcleo de fundente varía de acuerdo con la clasificación del alambre y el fabricante (Marín, 2016).

La mayor parte de alambres para el proceso FCAW se clasifica de acuerdo a los últimos requisitos de la norma AWS A5.20, especificación para electrodos de acero al carbono destinados por arco con núcleo de fundente.

## **2.8 Ensayos no destructivos**

Son aquellos ensayos que no alteran la forma ni las propiedades de material. No producen ningún tipo de daño o es prácticamente imperceptible, generalmente sirven para el estudio de propiedades físicas, químicas o mecánicas de algunos materiales (SCISA, 2018).

### **2.8.1 Inspección visual**

Los ensayos de inspección visual son un conjunto de métodos básicos más usados, es ejecutado a lo largo de los procesos para garantizar la calidad final de la junta soldada, reduciendo así la utilización de ensayos destructivos posteriores (GOMEZ de LEON y GONZALES CARPENA 2018).

### **2.8.2 Ultrasonido**

La inspección ultrasónica es un método de ensayo no destructivo, en el que ondas de alta frecuencia hacen un barrido de la superficie soldada en busca de defectos superficiales e internos. Las ondas atraviesan el material con cierta atenuación y son reflejadas en las interfaces. Dichas ondas son reflejadas, detectadas y analizadas; definiendo la presencia y la localización de las discontinuidades (Ospina et al., 2011).



## **2.9 Ensayos destructivos**

Es aquel que deteriora el material, de acuerdo al tipo de ensayo, el material experimentara desde una pequeña marca hasta una deformación permanente o en caso de ser necesario su rotura parcial o total (Capote 2011).

### **2.9.1 Tracción**

En un ensayo de tracción de una unión soldada, se emplea con el metal base y el metal de soldadura juntos para evaluar la eficiencia de la junta (ESAB, 2018).

### **2.9.2 Dureza**

En un ensayo de dureza el indentador bajo una carga especificada genera una huella o indentación sobre la superficie de la probeta ensayada. La medición de la huella resultante es una expresión de la dureza del material. En las probetas se hace un análisis en la sección transversal del metal base, la ZAC o en áreas del metal de soldadura especificada (ESAB, 2018).

#### **2.9.2.1 Dureza Brinell**

Consiste en estimar la dureza mediante un indentador esférico, con una carga predeterminada sobre la superficie del material a estudiar, posteriormente se mide la huella marcada por el indentador con ayuda de un microscopio que cuenta con escalas micrométricas (Buehler, 2018, p,102).

La huella generada se la realiza con una máquina denominada durómetro, misma que aplica una carga perpendicular sobre la superficie; los diámetros de los indentadores van a depender del tipo de material a analizar; teniendo como máxima escala una dureza de 650 HBW.

Esta dureza está regida por la norma ASTM E10 “Método de prueba estándar para dureza Brinell de materiales metálicos”.

### **2.9.3 Caracterización metalográfica**

Consiste en realizar un análisis micrográfico con ayuda de microscopios metalográficos con la aplicación de distintos lentes de aumento y sustancias que permitan revelar las zonas a analizar, para determinar las características estructurales, tamaño de grano y distribución de fases presentes (Ortiz et al., 2016, p.3).

### 2.9.3.1 *Preparación de la probeta*

La preparación de las probetas se detalla a continuación.

#### 2.9.3.1.1 *Selección de la muestra*

Las probetas para ensayos metalográficos deben ser tomadas del centro de los cupones de soldadura, y cortadas mediante métodos que no calienten para evitar que existan cambios microestructurales.

#### 2.9.3.1.2 *Desbaste y pulido*

El desbaste de la superficie a ser analizada, se lo realiza mediante hojas abrasivas que pasan de grano grueso hasta concluir con hojas abrasivas de grano fino, posteriormente se las pulirá en un paño con alúmina hasta obtener una superficie tipo espejo (Ortiz et al., 2016, p.3).

#### 2.9.3.1.3 *Ataque químico*

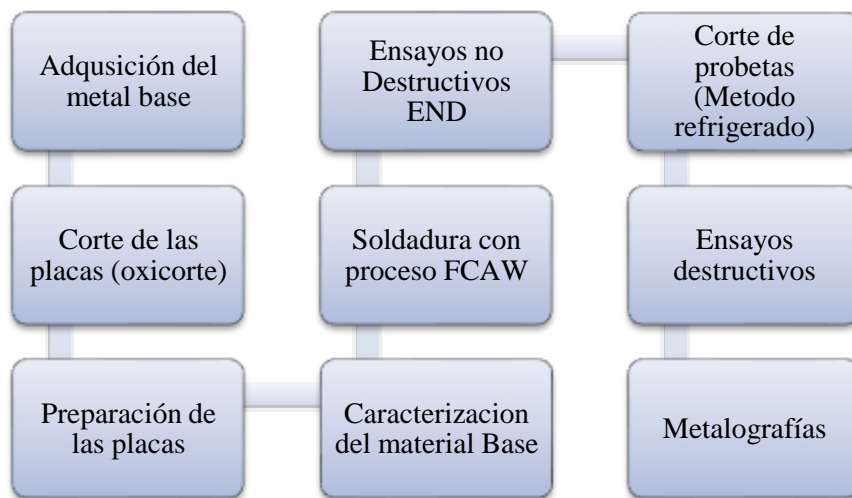
Las zonas a ser analizadas serán reveladas mediante un ataque químico con Nital al 5%.

## CAPITULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la metodología que se empleó para la experimentación, análisis, procedimiento y desarrollo.

El tipo de metodología usada es de tipo experimental, ya que actualmente no se cuenta con información sobre los cambios estructurales y propiedades mecánicas que tienen las juntas soldadas bajo el proceso FCAW en distintos espesores.



**Ilustración 1-3:** Metodología utilizada

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.1 Material base

Se utilizó como material base acero ASTM A-36, en espesores de 6, 8 y 10 mm, que se obtuvo de una plancha adquirida en DIPAC, la cual cuenta con dimensiones de 2440 mm x 1220 mm, posteriormente se cortan las placas para su uso, se preparan los biselados y finalmente se soldan.

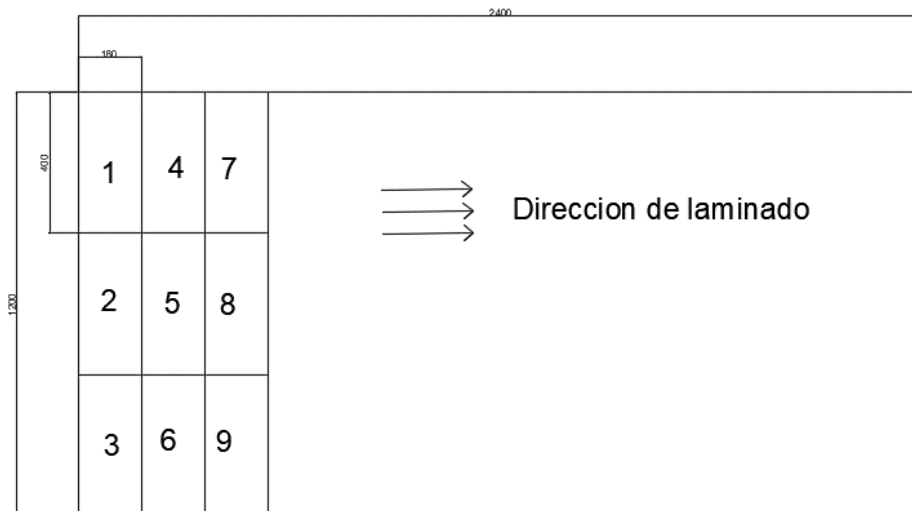


**Ilustración 2-3:** Plancha de metal acero A-36

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.2 Obtención de cupones de soldadura

Para la elaboración de los cupones se cortan 8 placas de 180mm de ancho x 400 mm de largo (Ilustración 3-3) por oxicorte, mismo que está disponible en las instalaciones de DIPAC, se toma en cuenta la dirección del laminado para poder realizar los cortes, de manera que el laminado sea perpendicular al cordón de soldadura.




**Ilustración 3-3:** Disposición para porte de placas medidas mm

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.2.1 Equipos de corte

Para el corte de las juntas se emplea un equipo de oxicorte, cuyas características son:

**Tabla 1-3:** Datos técnicos máquina oxicorte

Datos Técnicos para equipo de oxicorte	
Imagen del equipo	
Marca	Indura
Modelo	Sin especificar
Espesor mínimo de corte	3 mm
Espesor máximo de corte	150 mm
Velocidad de corte	80-800 mm/min
Peso	11,5 Kg
Motor	Condensador tipo inducción

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.2.1.1 Corte de cupones

Se debe ingresar los parámetros necesarios que permitan poder realizar el corte de las placas, para este caso son las dimensiones de la placa (400 x 180 mm), el espesor (6, 8 y 10 mm) y la velocidad de corte un promedio de 300 mm/min



**Ilustración 4-3:** Corte de placa 8 mm

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

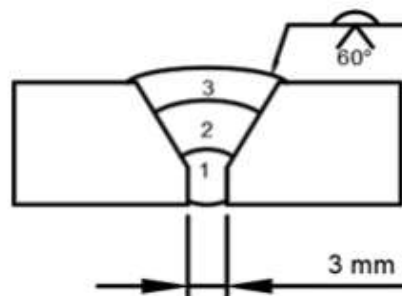
### 3.3 Preparación de cupones de soldadura

La preparación inicia limpiando los bordes ya que el oxicorte deja escoria Ilustración 5-3, luego se realizan los biseles que se indican en el WPS (ANEXO A). Para el diseño de las juntas se emplea la Figura 6-3 extraída de la norma AWS D1.1 2020.



**Ilustración 5-3:** Placas cortadas con escoria

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.




**Ilustración 6-3:** Dimensiones de juntas a tope

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.3.1 Equipo de mecanizado

Para el mecanizado de los bordes y el bisel se utiliza una fresadora, la máquina es BRIDGEBORT TEXTRON, cuyas características se detallan a continuación:

**Tabla 2-3:** Datos técnicos máquina de fresado

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Marca	Bridgeport
Tipo	TVY TE
Modelo	F – 7346 – 00 - 276
Potencia	2 – 3 HP
Velocidades de operación min	426 rpm
Velocidades de operación máx	1700 rpm
Alimentación del equipo	220 V

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.3.1.1 Procedimiento para el mecanizado de las junas

- Sujetar las placas con las mordazas y se calibra la inclinación del cabezal de la fresadora para obtener las dimensiones del bisel.
- Seleccionar la velocidad para el mecanizado



**Ilustración 7-3:** Placa mecanizada

Fuente: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.4 Caracterización del material base

La caracterización del metal base consiste en determinar la composición química, para lo cual se realiza el ensayo de espectrometría de emisión atómica por chispa, en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica, de le ESPOCH, en el cual se determina las cantidades presentes de cada uno de los elementos que componen el acero ASTM A-36. El equipo es un espectrómetro BRUKER Q2 ION.

#### 3.4.1 Equipo de espectrometría

**Tabla 3-3:** Datos técnicos del equipo de espectrometría

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Sistema Óptico	Detector CCD sin revestimiento
Fuente generadora	Generador PWM de dos fases. Frecuencia de 50 a 1000 Hz.
Emisor de chispa	Descargas de chispa desde 10 $\mu$ s hasta 2 ms
Datos eléctricos	100 a 240 V (50/60 Hz)
Gas	Argón
Dimensiones	440 x 220 x 390 mm
Peso	19 Kg

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.4.2 Procedimiento para determinar la composición del material base

- Se calibra el equipo con un patrón estandarizado de una composición química conocida.
- Posteriormente se debe colocar en el equipo una muestra de material base con dimensiones de 30 mm x 30 mm.
- Finalmente se obtiene un reporte con la composición del material.



**Ilustración 8-3:** Muestra colocada en el equipo

Fuente: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.5 Soldadura de placas con proceso FCAW

Para soldar se tomaron las especificaciones detalladas en los WPS realizados en el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, en la Ilustración 9-3. se muestra un cupón antes de realizar los procesos de soldadura, para mantener una separación uniforme en las placas se utilizaron puentes de refuerzo posteriores en platinas de acero.



**Ilustración 9-3:** Placas previo a realizar la unión con proceso FCAW

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.5.1 Metal de aporte

Para el proceso FCAW se empleó el electrodo E-71T11 de la marca ELEKTRO de diámetro del material de aporte es de 1,2 mm con polaridad negativa y con la técnica de avance para el cordón de soldadura es paso a paso.



**Ilustración 10-3:** Alambre E-71T11

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

La composición química y propiedades mecánicas son las de talladas en las Tablas 4-3 y 5-3, respectivamente.

**Tabla 4-3:** Composición química del alambre de aporte

C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al	S	P
=	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0.2%	1.75%	0.6 %	0.35 %	0.5 %	0.2 %	0.3 %	0.08 %	1.8 %	0.03 %	0.03 %

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



**Tabla 5-3:** Propiedades mecánicas alambre E71T11- ELEKTRO

Propiedades mecánicas	ASME / AWS A5.20
Resistencia a la tracción	> 480 N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	> 400 N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento %	> 20 %

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.5.2 Parámetros seleccionados

Los parámetros de soldadura para variar son: voltaje, amperaje y velocidad de avance, sus valores respectivos se muestran en las Tablas 6-3, 7-3 y 8-3.

**Tabla 6-3:** Parámetros en placas de 6 mm FCAW

Amperaje A	Voltaje V	IPM
124 - 142	18,4 -18,7	125
131 - 145	19,7 -20,1	175
158 - 190	20,6 – 21,3	225
174 - 180	22,4 – 22,6	300

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 7-3:** Parámetros en placas de 8 mm FCAW

Amperaje A	Voltaje V	IPM
124-142	18.4-18.8	150
131-142	19.7-20.1	175
158-190	20.6-21.3	225
174-181	22.3-22.6	300

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 8-3:** Parámetros en placas de 10 mm FCAW

Amperaje A	Voltaje V	IPM
154 – 173	21 – 21,7	225
172 - 196	22 – 22,5	275
187 -208	22,6 - 23,1	325
192 – 241	22,7 23-	375

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Para más detalles ver el ANEXO A, correspondiente a los WPS.

### 3.5.3 Equipo de soldadura

Para la soldadura FCAW se utiliza el equipo que se muestra en Tabla 9-3:

**Tabla 9-3:** Especificaciones técnicas equipo multiproceso

<b>Datos técnicos</b>	
Imagen del equipo	
Marca	LINCOLN ELECTRIC
Tipo	Equipo Multiprocesos
Modelo	R3S-400
Imagen del alimentador de alambre	
Marca	LINCOLN ELECTRIC
Modelo	LN-8
Velocidades de operación	Automática
Alimentación del equipo	220 V

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.6 Ensayos no destructivos

Con el fin de evaluar y calificar las uniones soldadas de acero ASTM-A36, se emplean un inspección visual y ultrasonido cuando las probetas están a temperatura ambiente.

#### 3.6.1 Codificación de juntas soldadas

En la Tabla 11-3: se establece las letras y números que se usaron en la codificación y su significado.

**Tabla 10-3:** Codificación para END

<b>Codificación</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Significado</b>
FCAW-Espesor-IPM	FCAW - 6 - 200	FCAW: Proceso de soldadura 6: Espesor de placa 200: IPM-Velocidad de alimentación alambre

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.6.2 Metodología para inspección visual

#### 3.6.2.1 Ejecución de ensayos de inspección visual

Para este ensayo se identifica los posibles defectos presentes en la superficie del cordón de soldadura tanto en la cara como en la raíz

#### 3.6.2.2 Criterios de aceptación

Para la aceptación del ensayo de inspección visual se hace uso de la norma AWS D1.1 2020 sección 6.10.1.1 la cual detalla:

- No debe contener grietas.
- La sobre monta de la soldadura no debe exceder de 3 mm.
- La socavación no debe sobrepasar de 1 mm.
- Se debe inspeccionar la raíz de la soldadura de las ranuras y verificar que no existan grietas fusión incompleta o falta de penetración.

### 3.6.3 Metodología para ensayos de Ultrasonido

#### 3.6.3.1 Equipo de ultrasonido

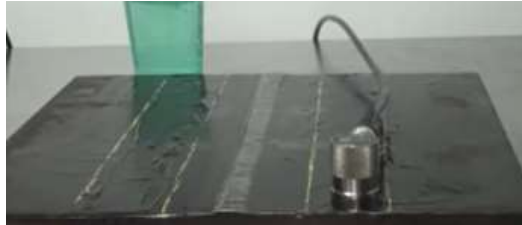
**Tabla 11-3:** Especificaciones técnicas equipo de ultrasonido

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Marca	SIUI
Tipo	Sistema ultrasónico
Modelo	CTS-9005
Modo	Pulso ECO
Rango (mm)	120
Angulo	70°
Técnica	Haz Angular- Recto
Acoplante	Gel (metil celulosa)
Velocidad de muestreo	20-2000 Hz (Max: 240 MHz)
Dimensiones (mm)	125 x 240 x 52
Peso (Kg)	1,2
Fecha de calibración	2021-12-09

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.6.3.2 Ejecución de ensayos de ultrasonido

De acuerdo a la norma AWS D1.1 se debe delimitar un área de barrido en la cual se hará una inspección con haz recto para verificar que la placa no tenga discontinuidades ya sean laminares o algún otro tipo que interfieran el haz angular.



**Ilustración 11-3:** Áreas de barrido en placa 10 mm

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Posteriormente se procede a realizar el escaneo con haz angular, tomando en consideración el ajuste para rastreo en función del viaje del ultrasonido mediante el espesor y al ángulo, además, el técnico que haga dicha inspección debe tener una calificación NDT Nivel II.



**Ilustración 12-3:** Ejecución de UT SINDES S.A.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

### 3.6.3.3 Criterios de aceptación ensayos UT

Para que el cupón sea aceptado identificar a que categoría de discontinuidad pertenece, de acuerdo a la norma AWS D1.1 Sección 8 Tabla 8.3.

- Clase A (Discontinuidades grandes), se debe rechazar cualquier tipo de indicación de esta categoría.
- Clase B (Discontinuidades medianas), toda indicación de esta categoría superior a 20 mm debe ser rechazada.

- Clase C (Discontinuidades pequeñas), se rechaza toda indicación esta categoría superior a 50 mm.
- Clase D (Discontinuidades menores), se acepta toda indicación en esta categoría, independiente de la longitud o ubicación.

### 3.7 Ensayos destructivos

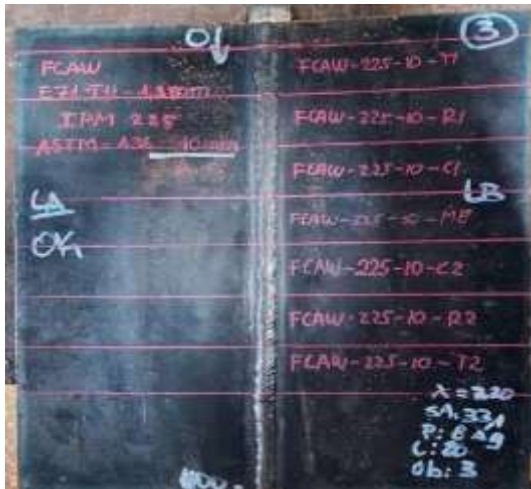
Los ensayos destructivos (ED) que se realizaron fueron: tracción en sección reducida, doblado de cara, raíz y dureza. Estos ensayos tienen la finalidad de determinar la variación en las propiedades mecánicas de las placas, después de haberse modificado los parámetros en el proceso FCAW y los espesores.

La obtención de las probetas se detalla en la ilustración 10-3, teniendo en consideración las dimensiones recomendadas por la norma AWS D1.1.



**Ilustración 13-3:** Dimensiones en mm  
de probetas

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022



**Ilustración 14-3:** Trazado en los cupones de soldadura

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022

### 3.7.1 Metodología para obtención de las probetas

Las probetas se las obtuvieron mediante corte refrigerado para evitar que exista algún cambio estructural en el material base y el cordón por aporte de calor que pudieran afectar a los ensayos posteriores.

#### 3.7.1.1 Equipo de corte refrigerado

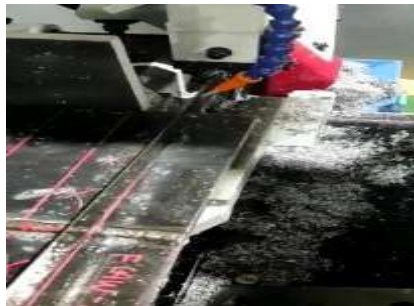
**Tabla 12-3:** Especificaciones técnicas del equipo de corte en frío

<b>Datos técnicos</b>	
Imagen del equipo	
Marca	Saturn
Tipo	Sierra de cinta
Modelo	BS-1018B
Capacidad corte rectangular 90°	127 x 457
Ancho de la cinta (mm)	27
Motor	2 HP
Velocidad (4) (m/min)	15, 38, 61, 71
Dimensiones (mm)	1739 x 571 x 1130
Peso (Kg)	320

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.7.1.2 Procedimiento de corte

- Hacer una inspección de la cinta y el nivel del refrigerante.
- Identificar los controles de la maquina en especial el botón de parada de emergencia.
- Calibrar las dimensiones de las placas con las mordazas de sujeción y la velocidad de corte para este caso fue de 3 mm/min.
- Encender la maquina y poner en marcha el sistema de refrigeración.
- Mantenerse a una distancia prudente para evitar accidentes si llegase a romperse la cinta.
- Una vez realizado el corte apagar la maquina y retirar la probeta cortada.



**Ilustración 15-3:** Corte de probetas

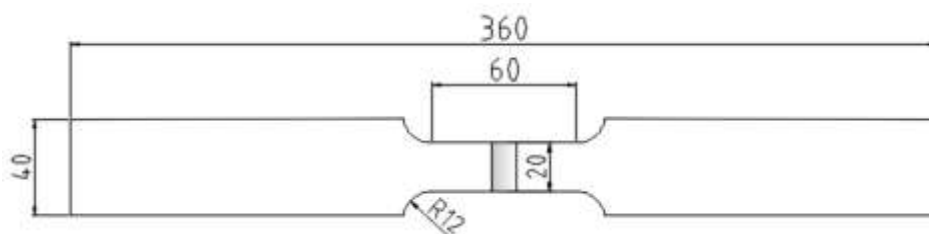
Realizado por: Ramos, Cristian, 2022

### 3.7.2 Metodología para ensayos de Tracción

Los ensayos de tracción en sección reducida se los realizo en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional, además se realizaron la preparación de las probetas en una fresadora.

#### 3.7.2.1 Maquinado de probetas

Se realiza el maquinado en la fresadora de acuerdo a las dimensiones que se observa en la Ilustración 16-3, mismas que fueron tomadas de la norma AWS D1.1 Sección 6.



**Ilustración 16-3:** Dimensiones para probetas de tracción

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Se mecanizaron un total de 24 probetas para ensayos de tracción, dos por cada cupón de soldadura obtenidos.



**Ilustración 17-3:** Probetas mecanizadas para ensayo de tracción

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.7.2.2 Equipo maquina ensayos de tracción

Este ensayo permite definir la carga máxima a tracción

**Tabla 13-3:** Especificaciones técnicas Maquina Universal

<b>Datos técnicos</b>	
Imagen del equipo	
Marca	Tinius Olsen
modelos	Super L
Capacidad	600 [132000] KN [lbf]
Tipo de aplicación de carga	Hidráulico
Recopilación de datos	Digital
Velocidad de ensayo	1 mm/s

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 3.7.2.3 Criterios de aceptación ensayos de tracción

Para validar los criterios para ensayos de tracción, se hace uso de la norma AWS D1.1 2020, Sección 6.10.3.4 en donde se determina:

- La resistencia a la tracción no debe ser inferior al mínimo del rango del metal base.
- La falla por rotura debe ser en el metal base mas no en la junta soldada.



### 3.7.3 Metodología para ensayos de doblado de cara y raíz

#### 3.7.3.1 Equipo utilizado para los ensayos

**Tabla 14-3:** Especificaciones técnicas máquina para doblados cara y raíz

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Marca	EPN
Voltaje	220 v 60Hz
Estructura	Acero AISI 1040
Potencia del motor	2 Hp
Cargar Max	30 Ton

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.7.3.2 Procedimiento para ensayos de doblado de cara y raíz

- Se coloca las probetas previamente desbastada la raíz y la cara en la mitad del embolo.
- Las probetas de doblado de cara, se colocan con la cara de soldadura dirigida hacia la abertura
- Las probetas de doblado de raíz, se colocan con la raíz de la soldadura hacia la abertura.
- El émbolo debe forzar la probeta hacia la matriz hasta que la probeta tome forma de U.
- La soldadura y las HAZ deben estar centradas y completamente dentro de la parte doblada de la probeta después del ensayo.



**Ilustración 18-3:** Doblado de cara

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Para cada de cada cupón de soldadura se extrajo 2 probetas para doblado de cara y 2 para doblado de raíz teniendo un total de 48 probetas.

### 3.7.3.3 Criterios de aceptación

Para validar los ensayos de doblado de cara y raíz se hace uso de la norma AWS D1.1 2020, misma que detalla lo siguiente:

Se debe examinar visualmente la superficie convexa de la probeta, en busca de discontinuidades las mismas que no deben exceder de:

- 3 mm medidos en cualquier dirección de la superficie
- 10 mm en la suma de las de todas las discontinuidades que excedan en un rango de 1 a 3 mm
- 6 mm en la grieta máxima de esquina, excepto cuando la grieta de esquina resulta de una inclusión de escoria visible u otra discontinuidad de fusión.

### 3.7.4 Metodología para ensayos metalográficos

#### 3.7.4.1 Preparación de las muestras

La caracterización metalográfica se realiza tomando una sección de la probeta destinadas para metalografía Ilustración 19-3.



**Ilustración 19-3.** Disposición y dimensiones en mm de muestra extraída

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

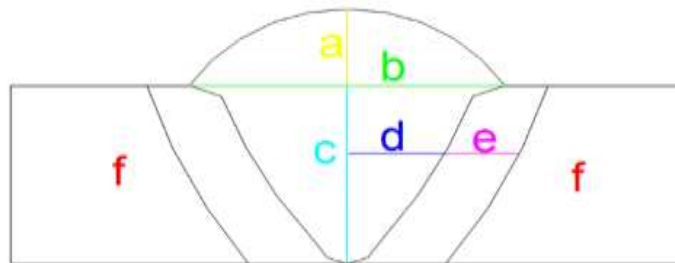
- Para la preparación de la muestra se sigue los lineamientos de la norma ASTM E-3 “Guía estándar para la preparación de muestras metalográficas”. En la ilustración 20-3 se muestra una probeta siendo desbastada para lo cual se utiliza papel lija de 100, 200, 400, 600, 1000, 1200 y 1500.
- Luego se realiza un pulido fino con paño y alúmina.
- Finalmente se atacada con Nital al 5% las zonas de interés durante 10 s.



**Ilustración 20-3:** Probeta en el banco de desbaste

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Posteriormente, se realizan mediciones de las ZAC tomando en cuenta la ilustración 20-3.



**Ilustración 21-3:** Partes a medir del cordón de soldadura

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Donde:

*a: altura de refuerzo de cara*

*b: Distancia entre pies de soldadura*

*c: altura de penetración del material de aporte*

*d: Ancho del material de aporte*

*e: ZAC (zona afectada por el calor)*

*f: material base*

#### 3.7.4.2 Equipo para ensayo metalográfico

Se utiliza el microscopio vertical ECLIPSE E200, que dispone el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica – ESPOCH. En la Tabla 15-3 se muestran características del equipo.

**Tabla 15-3:** Especificaciones técnicas del microscopio

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Marca	Nikon
Modelo	Eclipse E200
Lentes Objetivos	4X – 10X – 40X – 100X
Lentes Oculares	10X
Sistema de iluminación	LED blanco
Peso	7,3 Kg

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 3.7.4.3 Toma de imagen de las zonas analizadas

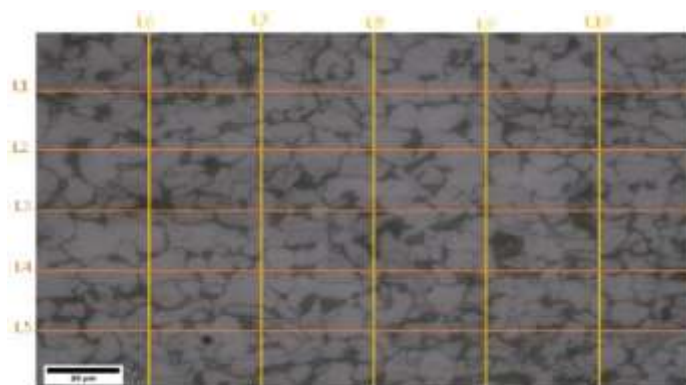
Se coloca la probeta ya preparada y atacada en el microscopio y se procede a tomar las imágenes con ayuda de una PC que está vinculado con el microscopio por medio del software “MShot Image Analysis System”.

#### 3.7.4.4 Metodología para definir tamaño de grano

Para determinar el tamaño de grano, se emplea la norma ASTM E 112, “Métodos de prueba estándar para la determinación de tamaño de grano”, esta norma abarca varios procedimientos.

##### 3.7.4.4.1 Método de Intercepción

Consiste trazar líneas en las micrografías, tanto horizontales como verticales en este caso se trazaron 5 para cada disposición Ilustración 22-3.



**Ilustración 22-3:** Trazado de líneas ZAC FCAW 6-125

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Se cuenta el número de granos interceptados por una de ellas, al tener dos fases en la micrografía hay que realizar el conteo de los granos de forma separada, los granos que sean atravesados completamente serán contados como enteros en el caso que solo los atraviese una mínima parte se contara como la mitad, posteriormente se suman los resultados de cada línea, para luego ingresarlas en siguiente ecuación:

$$\text{Diametro (E)} = \frac{\text{Longitud lineas}}{\# \text{ de granos}}$$

**Ecuación 1-3:** Determinar diámetro E

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

El resultado anterior ingresa en la siguiente ecuación, para obtener el tamaño de grano.

$$G = 10 - 6,643856 \text{ Log}_{10} \left( \frac{E}{10} \right)$$

**Ecuación 2-3:** Determinar tamaño de grano

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

El valor de G se lo analiza conforme a la siguiente tabla:

**Tabla 16-3:** Tamaño de grano ASTM

VALORES	TIPO DE GRANO
G < 3	Grueso
4 < G < 6	Medio
7 < G < 9	Fino
G > 9	Ultrafino

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

**3.7.5 Metodología para ensayos de dureza Brinell**

**3.7.5.1 Equipo para realizar el ensayo**

Se utiliza el durómetro HBRV-187.5 del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica – ESPCOH, se hace uso de la norma ASTM E10 “Método de prueba estándar para dureza Brinell de materiales metálicos”.

**Tabla 17-3:** Equipo para ensayo de dureza

<b>Datos técnicos</b>	
Imagen del equipo	
Modelo	Huayin Testing Instrument
Tipo de ensayos	Rockwell, Brinell y Vickers
Tipos de indentador	Depende en ensayo realizado
Altura máxima de muestras	Rockwell:185 mm Brinell 100mm Vickers 115 mm
Fuente de alimentación	AC 120 50HZ
Dimensiones	520x240x720 mm
Peso	80 Kg

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Para la construcción del perfil de dureza se determinaron tres zonas para estudiar: material base (MB), zona afectada por el calor (ZAC) y material de aporte (MA).

Inicialmente el durómetro debe ser calibrado con el patrón de calibración.

Se establece la carga de 1839 N (187,5 Kgf)

Colocar las probetas en la base del durómetro de manera que se encuentren las superficies de contacto paralelas

Con el indentador realiza la impresión de 3 huellas por cada zona Ilustración 24-3.



**Ilustración 23-3:** Probeta con indentaciones en zonas específicas

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Finalmente, se toma las medidas con un microscopio que cuenta con una escala micrométrica.

**Tabla 18-3:** Equipo para medir la huella del indentador

Datos técnicos	
Imagen del equipo	
Marca	Mitutoyo
Modelo	TM-101
Lente ocular	15x
Lente objetivo	2x
Iluminación de objetivos	2 luces ajustables
Graduación micrométrica	0,001

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Los datos recaudados se ingresan en la ecuación que se muestra a continuación y se realiza los cálculos correspondientes.

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

**Ecuación 3-3:** Dureza Brinell

Donde

*P:* Carga aplicada 187,5 Kgf

*D:* Diámetro del indentador 2,5 mm

*d:* diámetro de la huella

## CAPITULO IV

### 4 RESULTADOS

Para el desarrollo de este capítulo, se detallan y compran los resultados obtenidos de los diferentes ensayos propuestos de manera que se determinan los cupones de soldadura que cumplen con las exigencias de la norma AWS D1.1 2020 y demás normas aplicadas.

#### 4.1 Espectrometrías

Los resultados correspondientes a la composición de cada placa se detallan en las tablas 1-4, 2-4 y 3-4.

**Tabla 1-4:** Espectrometría ASTM A-36 placa 6 mm.

Sample:		Method: Fe110		
Analysis Time: 06.07.2022 11:37:27				
C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
0,278	0,065	0,620	<0,0030	<0,0030
Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
0,092	0,039	0,039	0,029	0,069
Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
<0,0030	<0,0050	<0,0020	0,0075	<0,020
B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
<0,0010	0,016	96,74		

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 2-4:** Espectrometría ASTM A-36 placa 8 mm.

Sample:		Method: Fe110		
Analysis Time: 08.07.2022 11:45:03				
C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
0,255	0,045	0,891	<0,0030	<0,0030
Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
0,058	0,033	0,032	0,023	0,066
Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
<0,0030	<0,0050	<0,0020	0,0072	<0,020
B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
<0,0010	0,016	98,57		

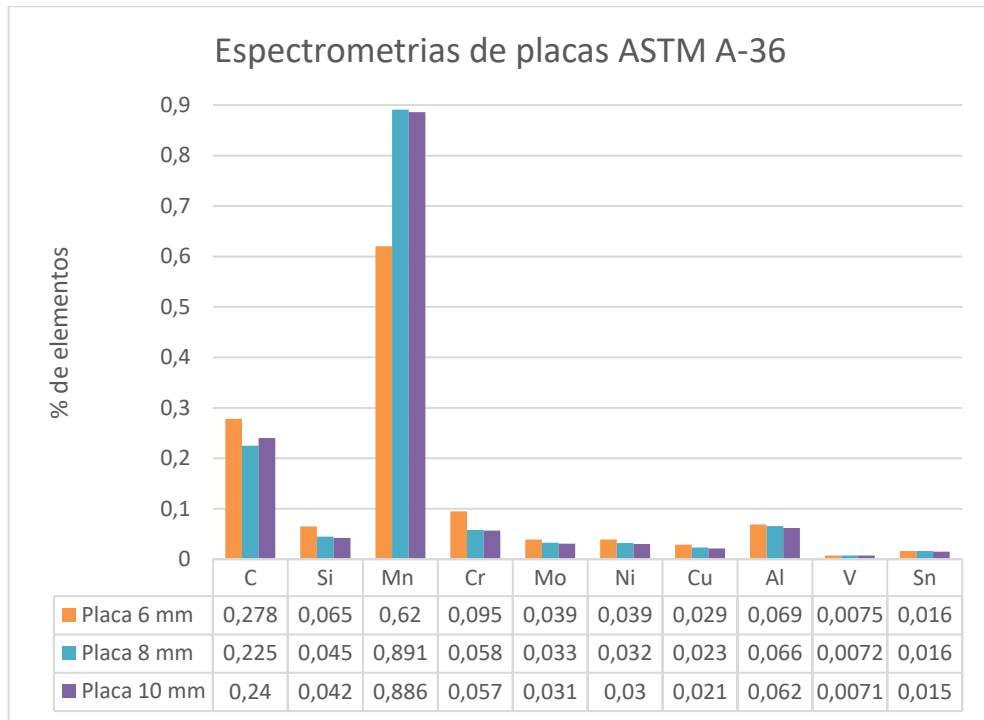
Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 3-4:** Espectrometría ASTM A-36 placa 10 mm.

Sample:		Method: Fe110		
Analysis Time: 08.07.2022 11:48:47				
C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
0,240	0,042	0,886	<0,0030	<0,0030
Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
0,057	0,031	0,030	0,021	0,062
Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
<0,0030	<0,0050	<0,0020	0,0071	<0,020
B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
<0,0010	0,015	98,60		

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.





**Ilustración 1-4:** Comparativa de espectrometrías del material base



Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



En el Grafico 1-4, se muestra la información correspondiente a los materiales que compone el acero ASTM A-36, dando unos resultados muy similares, sin embargo, existen mayores concentraciones de manganeso (Mn) en las placas de 8 mm y 10 mm.

#### 4.2 Parámetros de juntas soldadas

Se muestra un resumen para soldar mediante el proceso FCAW, en caso de más detalles ver el ANEXO A, correspondiente a los WPS de cada cupón de soldadura.





**Tabla 4-4:** Parámetros para placas de 6 mm luego de ser soldadas proceso FCAW

Denominación	Imagen	Amperaje A	Voltaje V	IPM	Numero de pases	Tiempo empleado
FCAW-6-125		124 - 142	18,4 -18,7	150	2	0:11:41
FCAW-6-175		131 - 145	19,7 -20,1	175	2	0:08:13

FCAW-6-225		158 - 190	20,6 -21,3	225	2	0:07:27
FCAW-6-300		174 - 180	22,4 -22,6	300	2	0:05:50


Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.




**Tabla 5-4:** Parámetros para placas de 8mm luego de ser soldadas proceso FCAW

Denominación	Imagen	Amperaje A	Voltaje V	IPM	Numero de pases	Tiempo empleado
FCAW-8-150		124-142	18,4-18,8	150	3	0:09:28
FCAW-8-175		131-142	19,7-20,1	175	2	0:08:22
FCAW-8-225		158-190	20,6-21,3	225	2	0:07:53
FCAW-8-300		174-181	22,3-22,6	300	2	0:06:51

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 6-4:** Parámetros para placas de 10 mm luego de ser soldadas proceso FCAW

Denominación	Imagen	Amperaje A	Voltaje V	IPM	Numero de pases	Tiempo empleado
FCAW-10-225		154 - 173	21 - 21,7	225	3	0:09:28



FCAW-10-275		172 - 196	22 - 22,5	275	3	0:08:22
FCAW-10-325		187 - 208	22,6 - 23,1	325	3	0:07:53
FCAW-10-375		192 - 241	22,7-23	375	3	0:06:51






Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

### 4.3 Inspección UT

Los resultados de ultrasonido en las juntas soldadas se verifican en la tabla resumen 7-4, para tener más detalles ver el Anexo B.

**Tabla 7-4:** Resumen ensayos de UT

DENOMINACIÓN	IMAGEN	CALIFICACIÓN
FCAW-6-125		Rechazada
FCAW-6-175		Aceptada

FCAW-6-200		Aceptada
FCAW-6-230		Aceptada
FCAW-8-150		Rechazada
FCAW-8-175		Aceptada
FCAW-8-225		Aceptada

FCAW-8-300		Aceptada
FCAW-10-225		Aceptada
FCAW-10-275		Aceptada
FCAW-10-325		Aceptada
FCAW-10-375		Rechazada

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

#### 4.4 Ensayos de doblado de cara y raíz

Los resultados de los ensayos de doblados de cara y doblado de raíz se visualizan en las Tablas resumen 8-4, 9-4 y 10-4 para tener más detalles ver el Anexo C, correspondiente al informe técnico.

**Tabla 8-4:** Resumen doblado de cara y raíz probetas 6 mm

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN GLOBAL</b>
FCAW-6-125	No aprueba
FCAW-6-175	Aprueba
FCAW-6-200	Aprueba
FCAW-6-230	Aprueba

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 9-4:** Resumen doblado de cara y raíz probetas 8 mm

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN GLOBAL</b>
FCAW-8-150	No aprueba
FCAW-8-175	No aprueba
FCAW-8-225	Aprueba
FCAW-8-300	Aprueba

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

**Tabla 10-4:** Resumen doblado de cara y raíz probetas 10 mm

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN GLOBAL</b>
FCAW-10-225	Aprueba
FCAW-10-275	No aprueba
FCAW-10-325	No aprueba
FCAW-10-375	No Aprueba

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

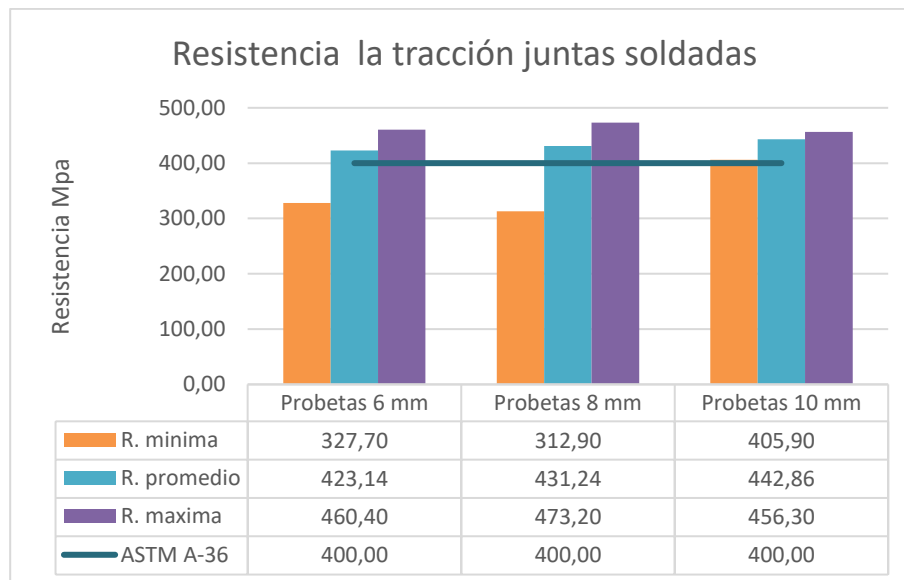
#### 4.5 Ensayos de tracción

Los resultados de los ensayos de tracción se visualizan en la Tabla resumen 11-4, teniendo en cuenta que el acero ASTM A36 tiene una resistencia mínima de 400 MPa para tener más detalles ver el Anexo D, correspondiente al informe técnico de ensayos en sección reducida.

**Tabla 11-4:** Resumen de ensayos de tracción

Denominación	Probeta	Resistencia a la tracción MPA	Falla	
			Material Base	Junta soldada
FCAW-6-125	T1	440,2	x	
	T2	446,5	x	
FCAW-6-175	T1	327,7		x
	T2	454,1		x
FCAW-6-200	T1	399,0		x
	T2	460,4		x
FCAW-6-230	T1	407,2	x	
	T2	450,0	x	
FCAW-8-150	T1	392,4		x
	T2	464,9		x
FCAW-8-175	T1	473,2	x	
	T2	440,7		x
FCAW-8-225	T1	464,0	x	
	T2	440,5	x	
FCAW-8-300	T1	461,3	x	
	T2	312,9	x	
FCAW-10-225	T1	405,9	x	
	T2	441,5	x	
FCAW-10-275	T1	447,1	x	
	T2	439,4	x	
FCAW-10-325	T1	451,9	x	
	T2	451,1	x	
FCAW-10-375	T1	449,7	x	
	T2	456,3	x	

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



**Ilustración 2-4:** Espesor del material Vs Resistencia

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Se puede observar que existen valores mínimos inferiores a los del material base en las probetas de 6 mm y 8 mm, mientras que en las probetas de 10 mm se observa que sobrepasa los 400 MPa.

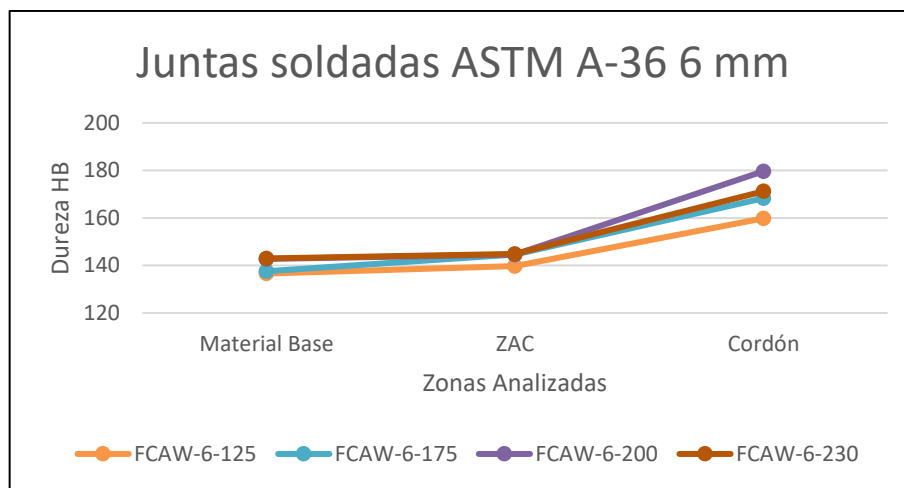
#### 4.6 Dureza Brinell

Los valores de los ensayos de dureza se muestran en las tablas 12-4, 13-4 y 14-4 para cada espesor y cada zona analizada; siendo: material de aporte (MA), zona afectada por el calor (ZAC) y el material base (MB).

**Tabla 12-4:** Dureza Brinell en placas de 6 mm

DENOMINACIÓN	MA				ZAC				MB			
	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom
FCAW-6-125	161,3	159,1	159,1	<b>160</b>	140,1	138,3	140,7	<b>140</b>	140,1	134,3	135,4	<b>137</b>
FCAW-6-175	167,3	168	169,6	<b>168</b>	147,6	144,4	141,9	<b>145</b>	140,7	134,3	137,7	<b>138</b>
FCAW-6-200	177,7	178,5	182,8	<b>180</b>	146,9	145,6	141,3	<b>145</b>	144,4	143,1	140,7	<b>143</b>
FCAW-6-230	168,8	176	168,8	<b>171</b>	145,	143,8	145,6	<b>145</b>	144,4	141,3	143,1	<b>143</b>

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



**Ilustración 3-4:** Perfil de dureza juntas soldadas de 6 mm

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

En el gráfico se puede observar la disposición de la dureza tendiendo a incrementar desde un valor mínimo de HB137 para la probeta FCAW-6-125 en el material base y un máximo de HB 180 en la probeta FCAW-6-200 en el metal de aporte.

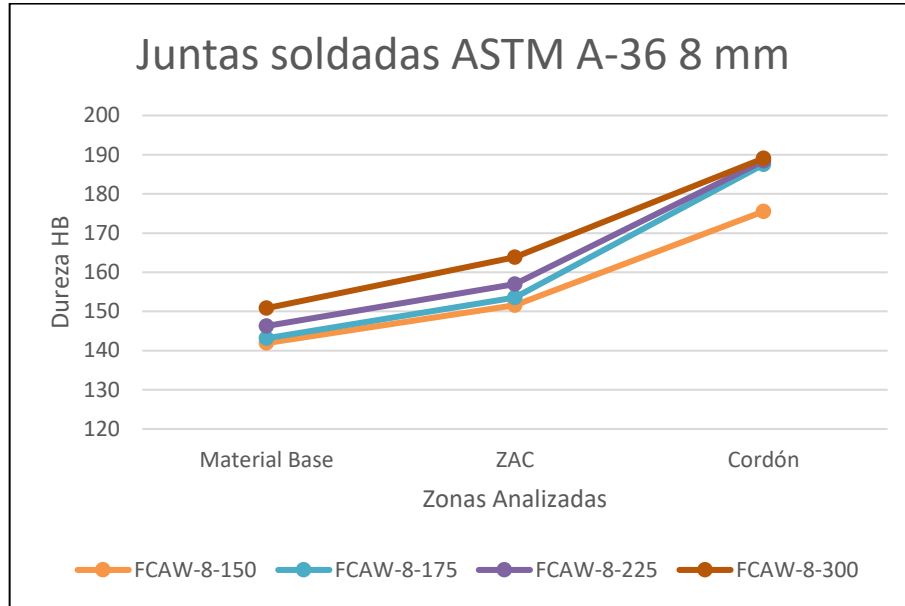
**Tabla 13-4:** Dureza Brinell en placas de 8 mm

DENOMINACIÓN	MA				ZAC				MB			
	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom
FCAW-8-150	178,5	177,7	170,4	<b>176</b>	147,6	152,2	154,9	<b>152</b>	142,5	140,1	143,1	<b>142</b>



FCAW-8-175	224	172,8	165,7	<b>187</b>	151,5	154,9	154,2	<b>154</b>	144,4	143,1	141,9	<b>143</b>
FCAW-8-225	187,2	189,9	188,1	<b>188</b>	157,7	157	156,3	<b>157</b>	148,2	146,3	144,4	<b>146</b>
FCAW-8-300	192,7	184,5	189,9	<b>189</b>	162	159,8	169,6	<b>164</b>	151,5	150,2	150,8	<b>151</b>

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



**Ilustración 4-4:** Perfil de dureza juntas soldadas de 8 mm.

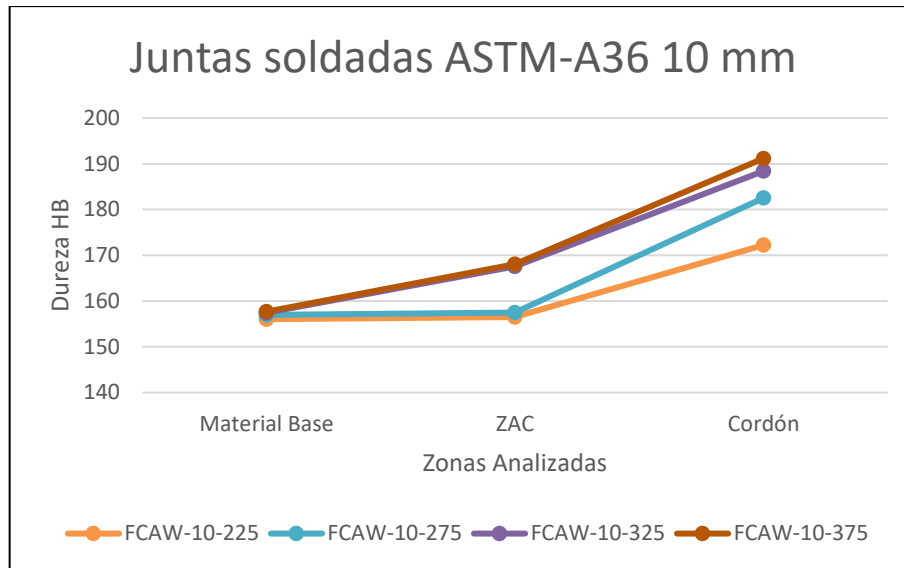
Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

En el grafico se puede observar la disposición de la dureza tendiendo a incrementar desde un valor mínimo de HB142 para la probeta FCAW-8-150 en el material base y un máximo de HB 151 en la probeta FCAW-8-300 en el metal de aporte.

**Tabla 14-4:** Dureza Brinell en placas de 10 mm

DENOMINACIÓN	MA				ZAC				MB			
	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom
FCAW-10-225	172,8	169,6	174,4	<b>172</b>	157,7	155,6	156,3	<b>157</b>	157	157	154,2	<b>156</b>
FCAW-10-275	182,8	186,3	178,5	<b>183</b>	161,3	156,3	154,9	<b>157</b>	158,4	157,7	154,9	<b>157</b>
FCAW-10-325	188,1	186,3	190,9	<b>188</b>	168,	163,5	171,2	<b>168</b>	154,9	158,4	159,1	<b>157</b>
FCAW-10-375	187,2	194,6	191,8	<b>191</b>	171,2	168	165	<b>168</b>	157,7	155,6	159,8	<b>158</b>

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



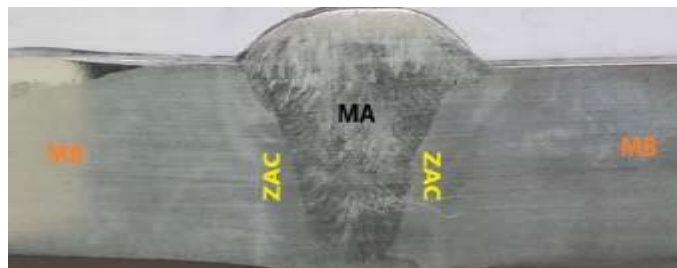
**Ilustración 5-4:** Perfil de dureza juntas soldadas de 10 mm.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el gráfico se puede observar la disposición de la dureza tendiendo a incrementar desde un valor mínimo de HB 156 para la probeta FCAW-10-225 en el material base y un máximo de HB 191 en la probeta FCAW-10-375 en el metal de aporte.

#### 4.7 Análisis metalográfico

Al realizar un macro ataque se puede diferenciar el material de aporte, zona afectada por el calor y el metal base.



**Ilustración 6-4:** Zonas de análisis para metalografía

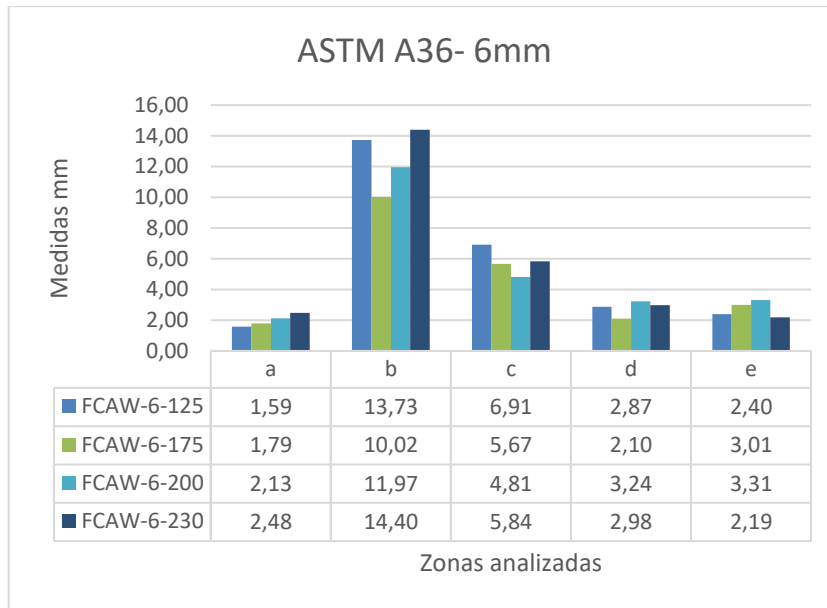
**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

#### 4.7.1 Medición del cordón

**Tabla 15-4:** Medidas en el cordón de soldadura placas de 6 mm

Denominación	Imagen	Refuerzo de cara (a mm)	Distancia entre pies (b mm)	Altura de penetración (c mm)	Ancho material de aporte (d mm)	ZAC (e mm)
FCAW-125-6		1,594	13,729	6,912	2,868	2,402
FCAW-175-6		1,789	10,015	5,665	2,099	3,066
FCAW-200-6		2,129	11,965	4,806	3,237	3,311
FCAW-230-6		2,483	14,402	5,843	2,981	2,194

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

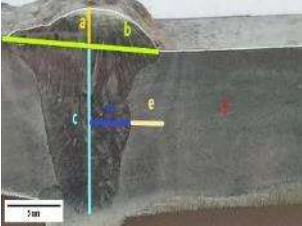
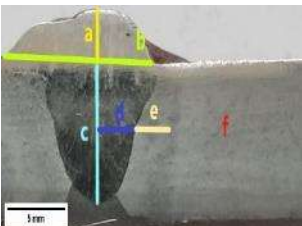


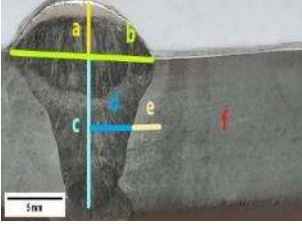
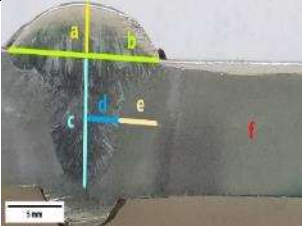
**Ilustración 7-4:** Comparativas medidas de cordón de soldadura 6 mm.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

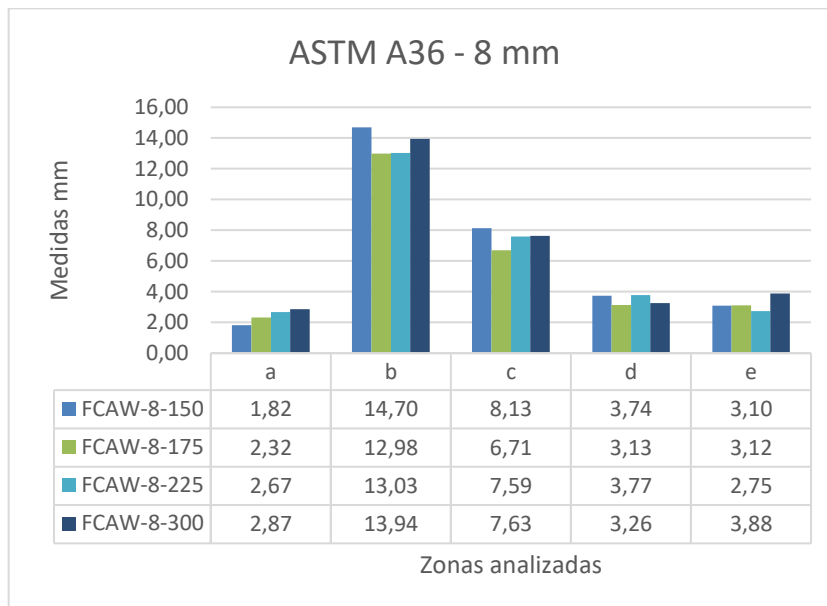
Los valores correspondientes al sobre espesor (a) no superan los 3 mm, los valores correspondientes al pie (b) se puede observar que tienden a incrementar por el aporte de calor, en cuanto a la penetración de garganta (c) se ve reducida, la zona de material de aporte (d) tiene unos rangos muy similares y en lo correspondiente a la zona afectada por el calor (e) se evidencia que tiende a incrementar a medida que se elevan los valores de las variables.

**Tabla 16-4:** Medidas en el cordón de soldadura placas de 8 mm

Denominación	Imagen	Refuerzo de cara (a mm)	Distancia entre pies (b mm)	Altura de penetración (c mm)	Ancho material de aporte (d mm)	ZAC (e mm)
FCAW-150-8		1,816	14,701	8,132	3,744	3,103
FCAW-175-8		2,316	12,982	6,706	3,132	3,118

FCAW-225-8		2,667	13,034	7,588	3,772	2,745
FCAW-300-8		2,873	13,944	7,634	3,256	3,884

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

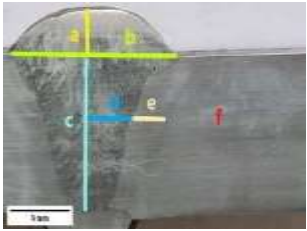
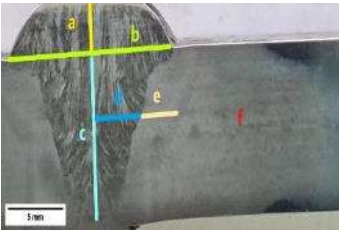
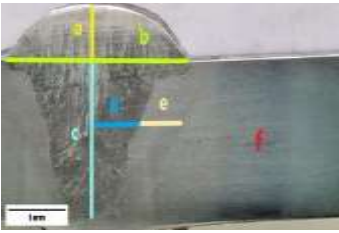
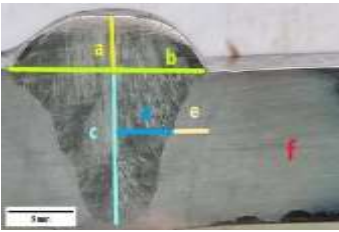


**Ilustración 8-4:** Comparativas medidas de cordón de soldadura 8 mm.

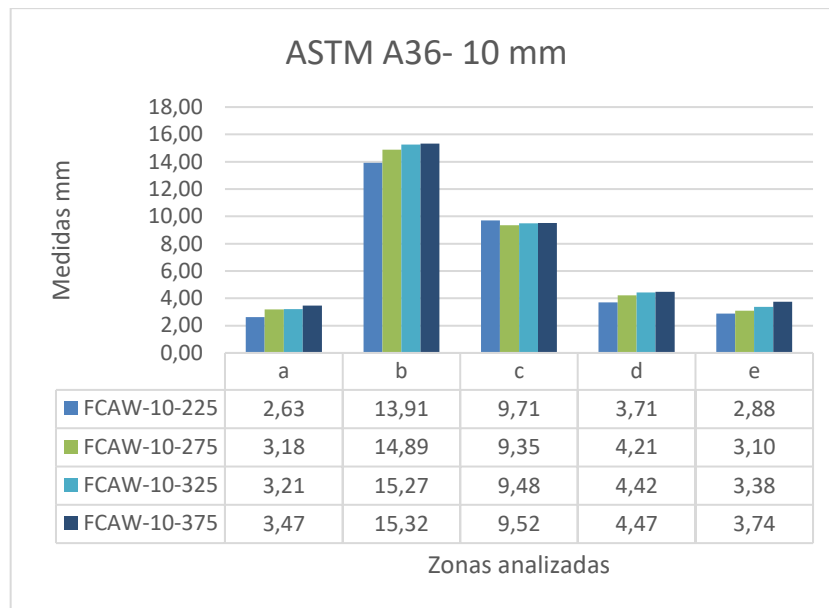
Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Los valores correspondientes al sobre espesor (a) no superan los 3 mm, los valores correspondientes al pie (b) se puede observar que tienen valores muy similares, en cuanto a la penetración de garganta (c) se ve reducida, la zona de material de aporte (d) tiene unos rangos muy similares y en la zona afectada por el calor (e) se evidencia que tiende a incrementar a longitud de acuerdo se elevan los valores de las variables.

**Tabla 17-4:** Medidas en el cordón de soldadura placas de 10 mm

Denominación	Imagen	Refuerzo de cara (a mm)	Distancia entre pies (b mm)	Altura de penetración (c mm)	Ancho material de aporte (d mm)	ZAC (e mm)
FCAW-225-10		2,632	13,912	9,706	3,706	2,884
FCAW-275-10		3,182	14,892	9,353	4,213	3,097
FCAW-325-10		3,206	15,265	9,483	4,421	3,376
FCAW-375-10		3,473	15,321	9,519	4,465	3,742

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



**Ilustración 9-4:** Comparativas medidas de cordón de soldadura 10 mm.

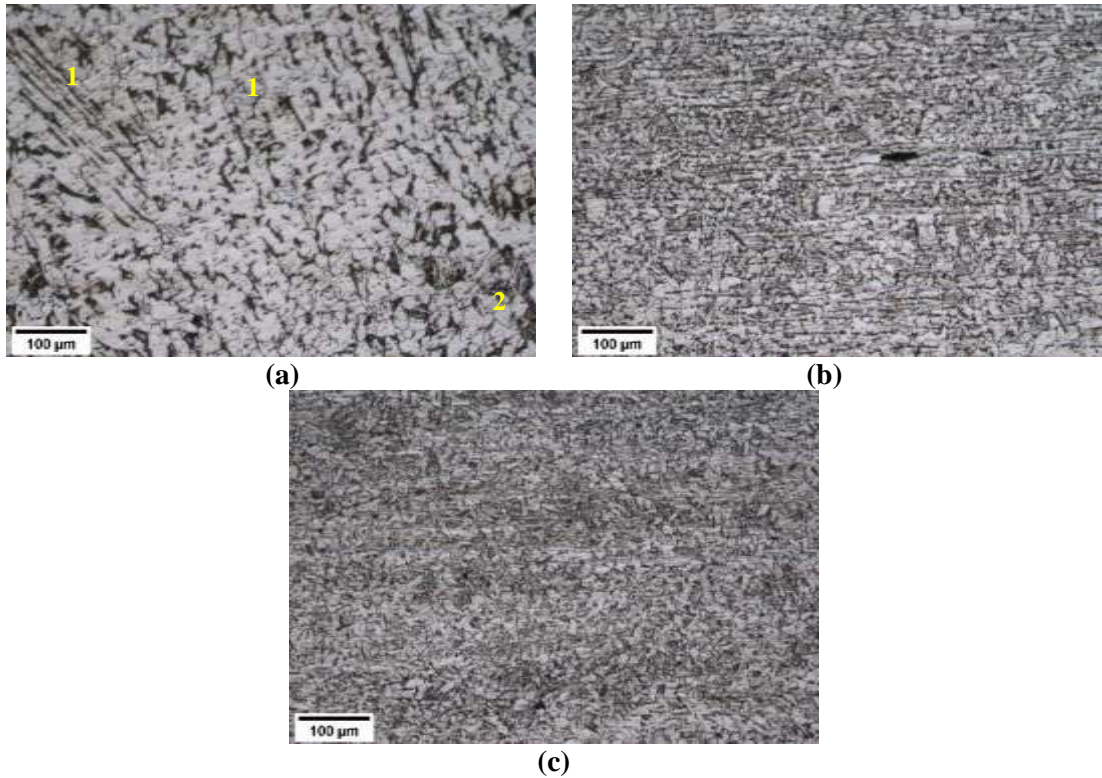
**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Los valores correspondientes al sobre espesor (a) superan los 3 mm, los valores correspondientes al pie (b) se puede observar que tienden a incrementar por el aporte de calor, en cuanto a la penetración de garganta (c) se evidencia que tienen valores muy similares, la zona de material de aporte (d) y la zona afectada por el calor (e) tienden a mostrar pequeños incrementos a medida que se elevan los valores de las variables fundamentales.

## 4.7.2 Micrografías

### 4.7.2.1 Metal base y zona afectada por el calor

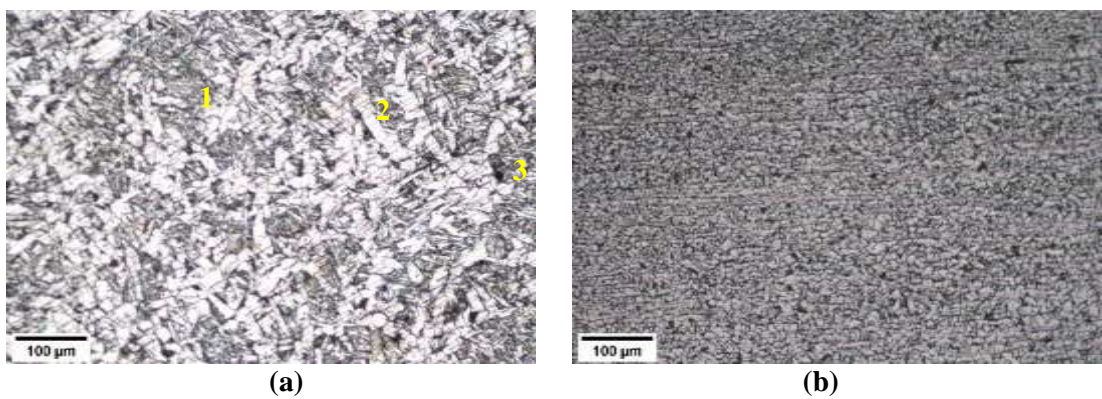
Para analizar las probetas se atacó químicamente con Nital al 5% durante 10 s aproximadamente; posteriormente se analizó las micrografías con una ampliación de 10x en la el material de aporte (MA), la zona afectada por el calor (ZAC) y el material base (MB), obteniendo los siguientes resultados.



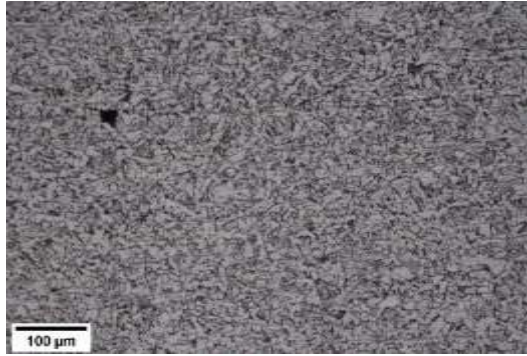
**Ilustración 10-4:** Metalografía FCAW-125-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

El MA presenta (1) Ferrita Widmanstätten generada a partir de los límites de grano, (2) Ferrita poligonal. Para la ZAC y MB se presenta perlita en una matriz ferrítica, la perlita (zonas oscuras) y ferrita (zonas blancas) con granos bien definidos, además en la ZAC se observa que la matriz tiene una orientación horizontal debido a la laminación en caliente y al compararlo con el MB el tamaño de grano es más refinado.





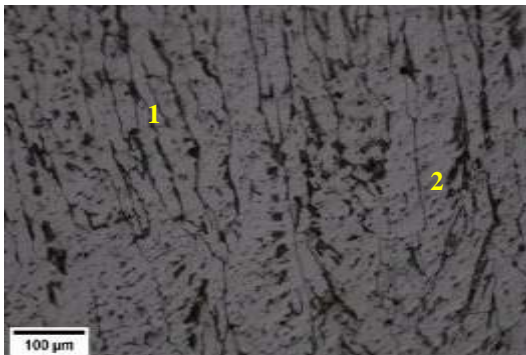


(c)

**Ilustración 11-4:** Metalografía FCAW-175-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA se observa (1) Ferrita idiomórfica, (2) Ferrita Widmanstätten y (3) listones de martensita, para la ZAC y MB se presenta perlita en una matriz ferrítica, además en la ZAC se observa que la matriz tiene una orientación horizontal debido a la laminación en caliente y al comparar la ZAC respecto al MB, el tamaño de grano es más refinado.



(a)



(b)

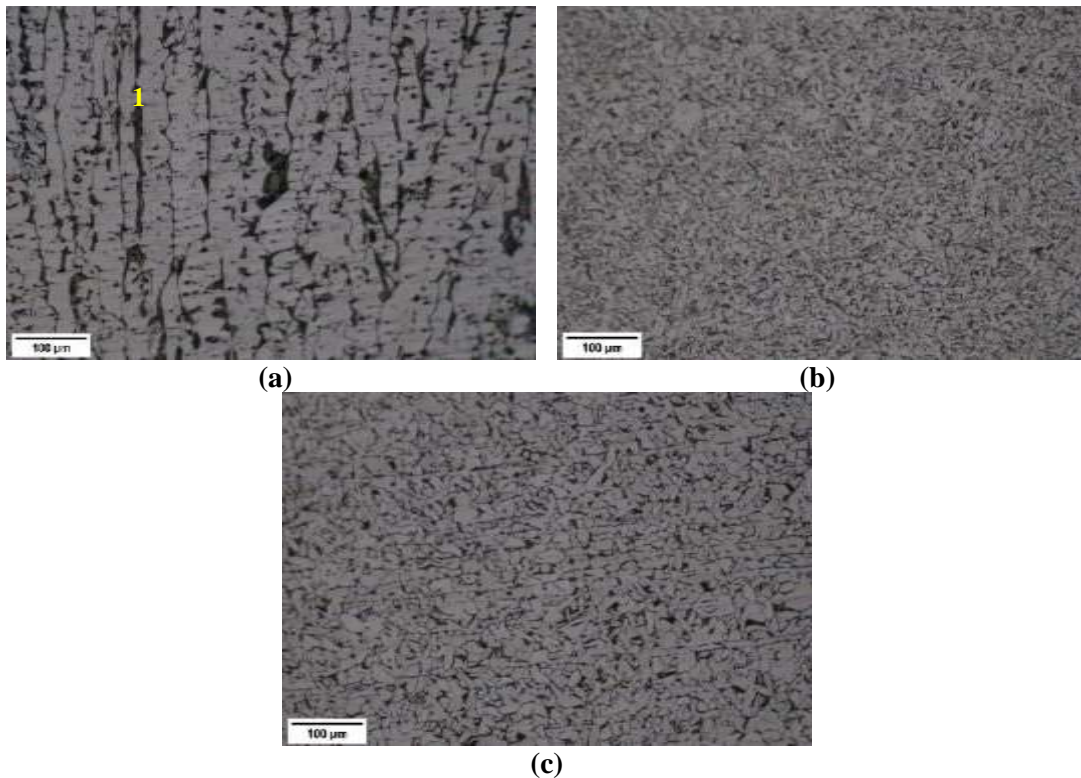


(c)

**Ilustración 12-4:** Metalografía FCAW-200-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

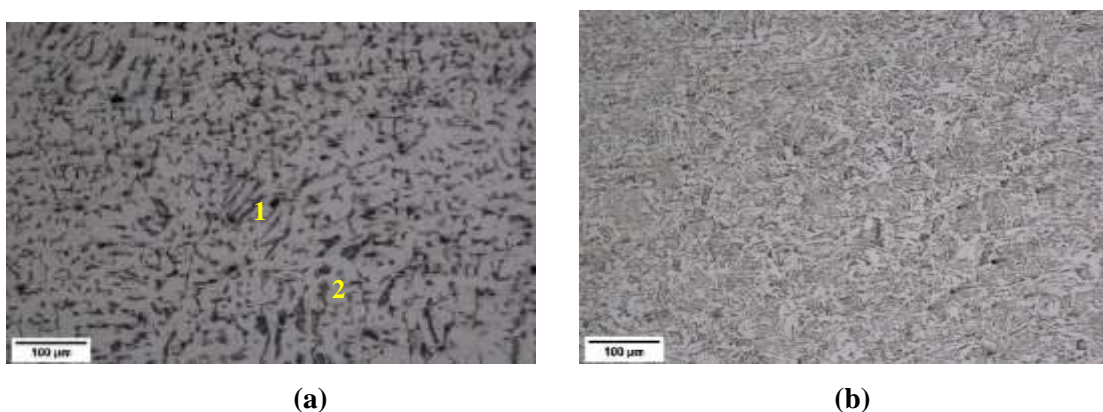
El MA presenta (1) Ferrita Widmanstätten (2) Inclusiones de escoria, para la ZAC y MB se observa perlita (zonas oscuras) y ferrita (zonas blancas) con granos bien definidos, además en la ZAC se observa que la matriz ferrítica perlítica tiene una orientación horizontal debido a la laminación en caliente y al comparar la ZAC respecto al MB el tamaño de grano es más refinado.



**Ilustración 13-4:** Metalografía FCAW-230-6-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

El MA (a) presenta (1) Ferrita Widmanstätten en forma de placas y listones. Para la ZAC (b) y MB (c) se observa perlita (zonas oscuras) y ferrita (zonas blancas), además en la ZAC se observa que la matriz ferrítica perlítica tiene una orientación horizontal debido a la laminación en caliente y al comparar la ZAC respecto al MB el tamaño de grano es más fino en la ZAC.



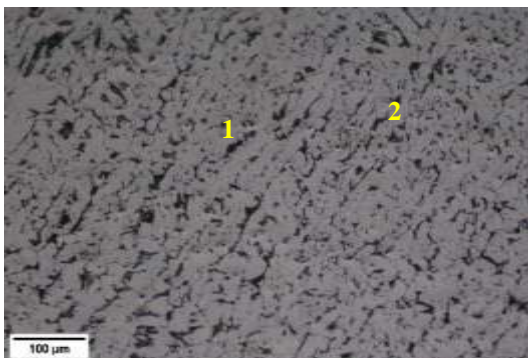


(c)

**Ilustración 14-4:** Metalografía FCAW-150-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Bainita superior, (2) Ferrita Windmástäten. La ZAC (b), presenta ferrita acicular, reticular y equiaxial. En el MB (c), se observa una matriz ferrítica con perlítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.



(a)



(b)



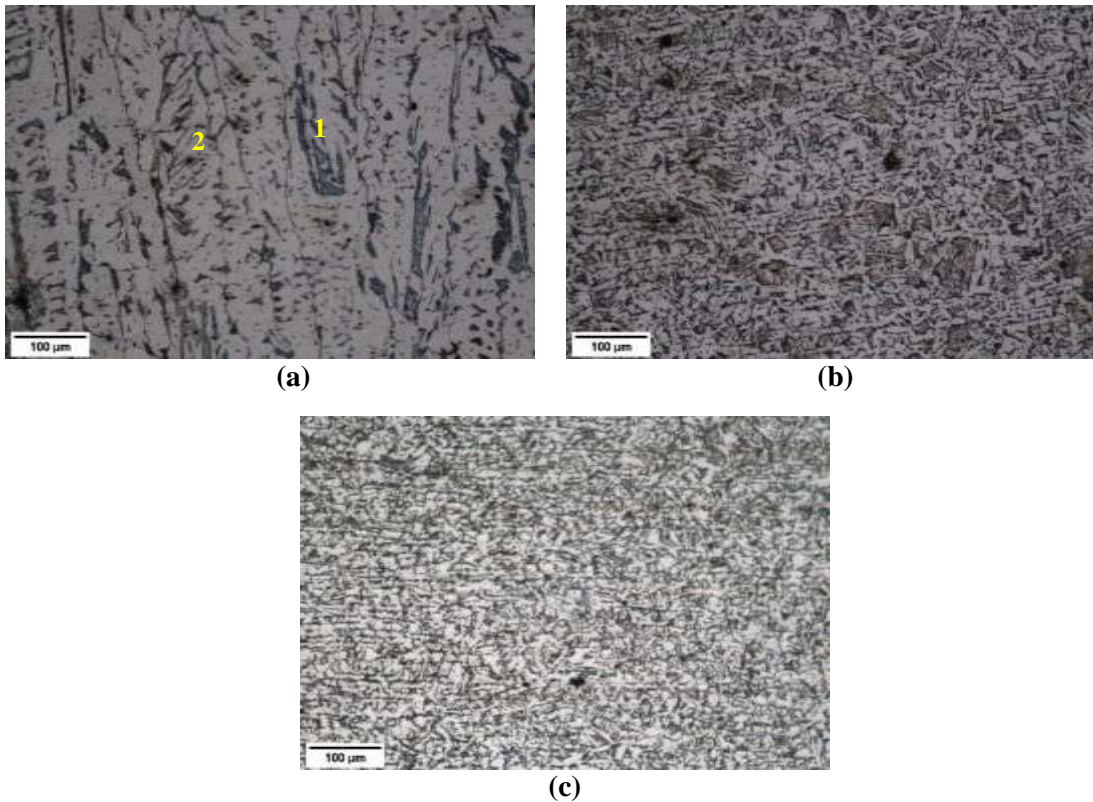
(c)

**Ilustración 15-4:** Metalografía FCAW-175-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.



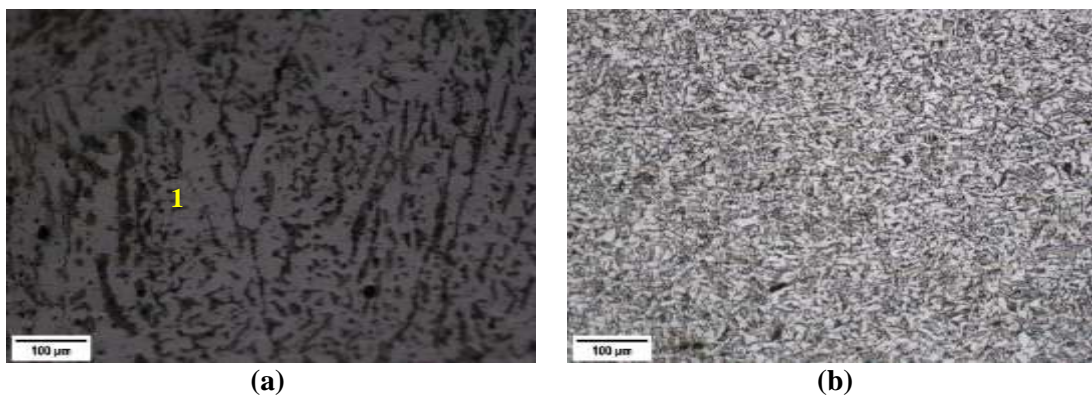
El MA (a), se muestra (1) Bainita Superior y (2) Ferrita Windmastäten. La ZAC (b), presenta ferrita acicular y ferrita. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.

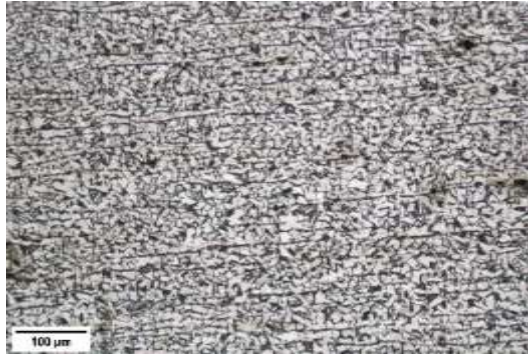


**Ilustración 16-4:** Metalografía FCAW-225-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmastäten y (2) Bainita Superior. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica además de perlita en los límites de grano. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.





(c)

**Ilustración 17-4:** Metalografía FCAW-300-8-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmastäten en forma de listones. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica y perlita en los límites de grano. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.



(a)



(b)



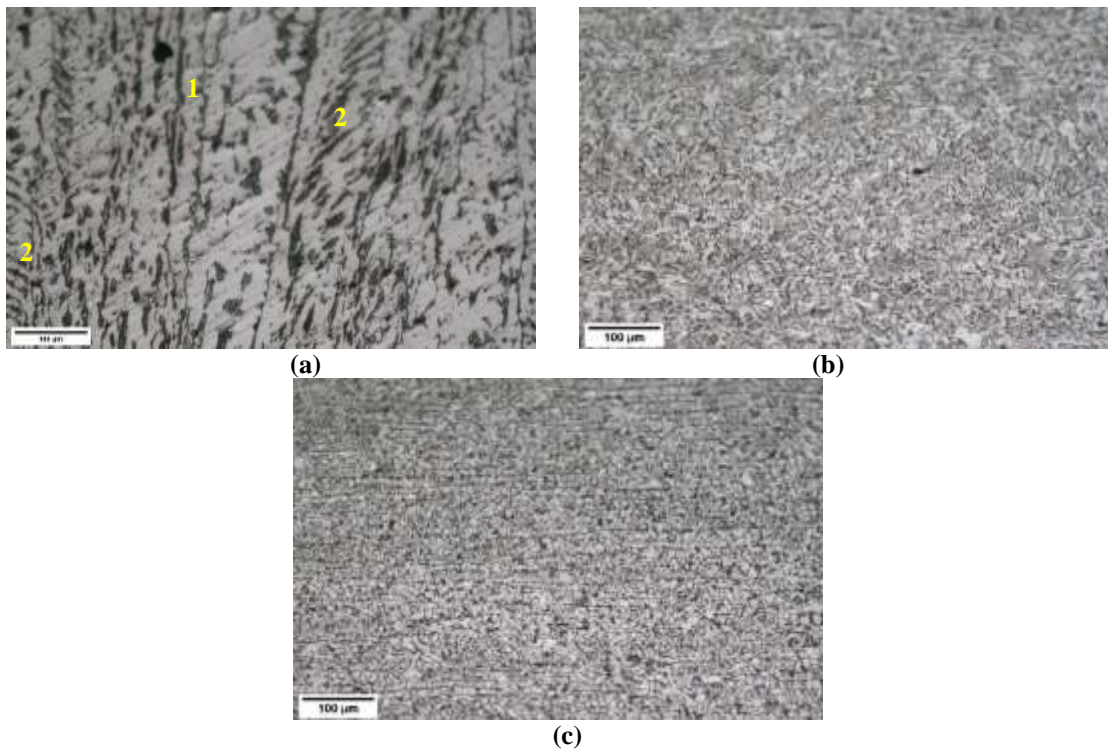
(c)

**Ilustración 18-4:** Metalografía FCAW-225-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmastäten y (2) placas de Martensita. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica y perlita en los límites de grano. En el MB (c),

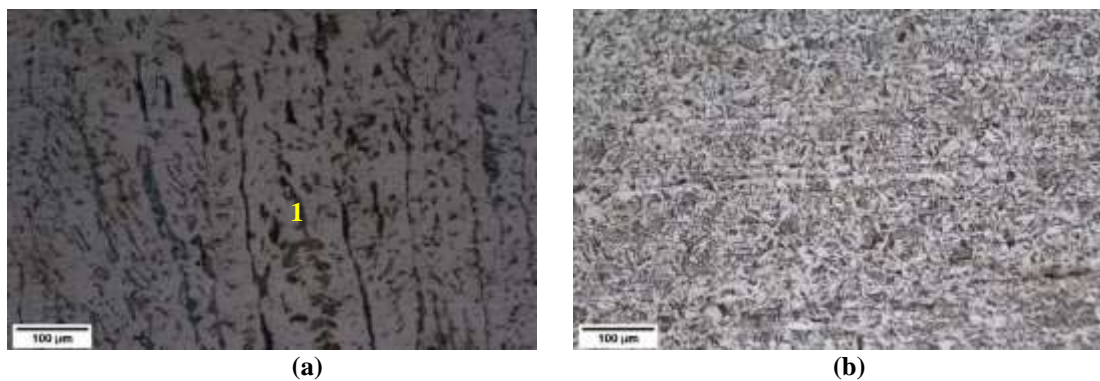
se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.



**Ilustración 19-4:** Metalografía FCAW-275-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmástäten y (2) placas de Martensita. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica y perlita en los límites de grano. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.







(c)

**Ilustración 20-4:** Metalografía FCAW-325-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

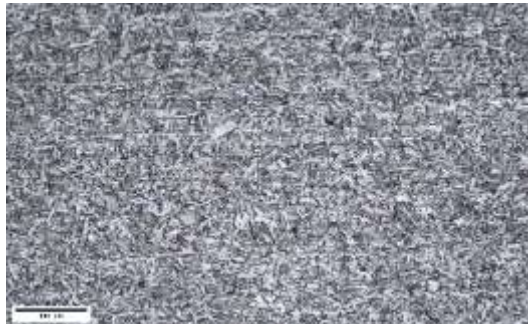
En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmastäten. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica y perlita en los límites de grano. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.



(a)



(b)



(c)

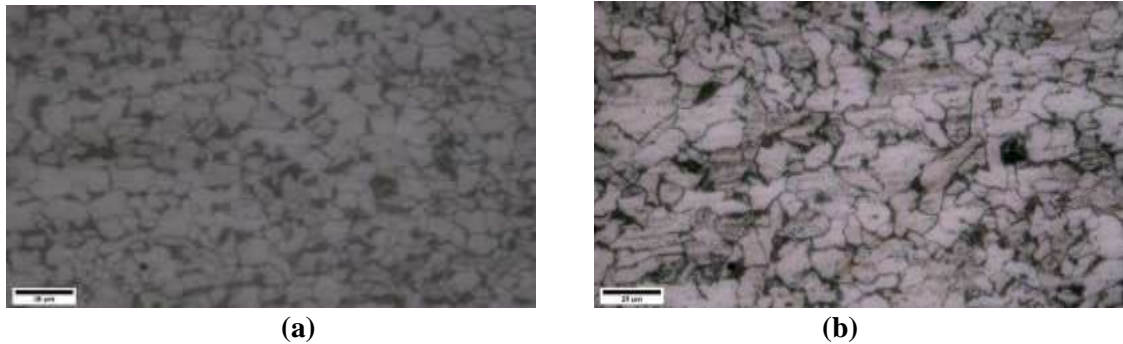
**Ilustración 21-4:** Metalografía FCAW-375-10.-Me. Amp:10X. (a) MA, (b) ZAC y (c) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

En el MA (a), se muestra (1) Ferrita Windmastäten y (2) Martensita en forma de placas. La ZAC (b), presenta Ferrita Acicular, Ferrita Alotriomórfica y perlita en los límites de grano. En el MB (c), se observa perlita en una matriz ferrítica con una disposición horizontal debido a la laminación en caliente.

#### 4.7.2.2 *Tamaño de grano*

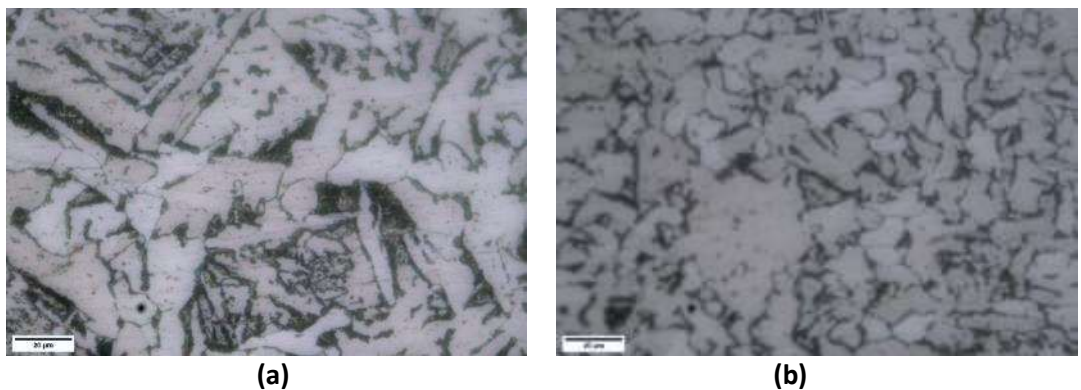
Para determinar el tamaño de grano ASTM, las probetas fueron atacadas con Nital al 5% durante 10 s aproximadamente; posteriormente se analizó las micrografías con una ampliación de 40x en la zona afectada por el calor (ZAC) y el material base (MB), obteniendo los siguientes resultados.



**Ilustración 22-4:** Metalografía FCAW-125-6 Me (a) ZAC y (b) MB .

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 11 y en el material base un tamaño de grano ASTM 8, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.

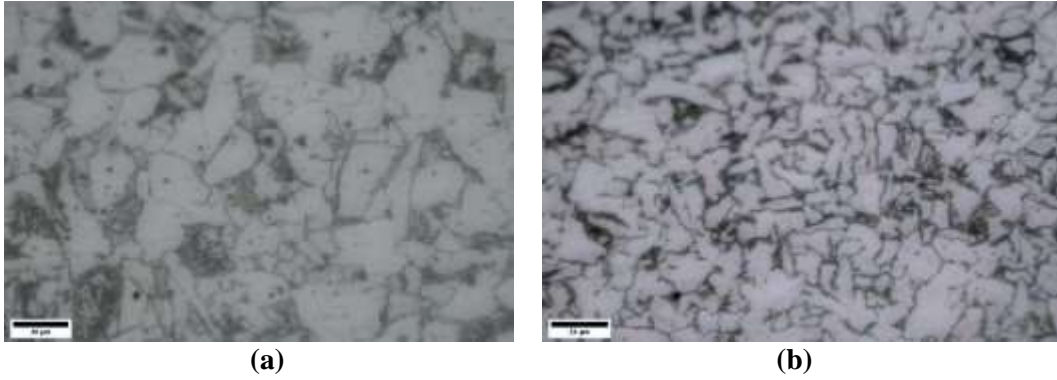


**Ilustración 23-4:** Metalografía FCAW-175-6-Me (a) ZAC y (b) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 8 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano fino.

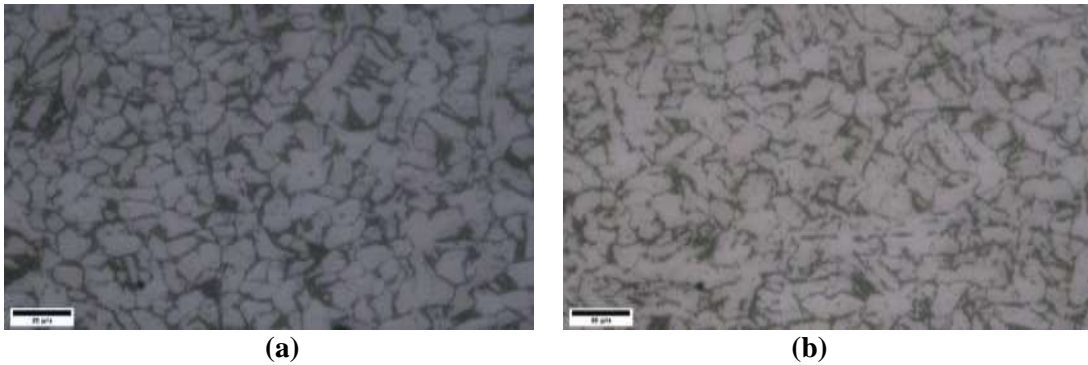




**Ilustración 24-4:** Metalografía FCAW-200-6-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

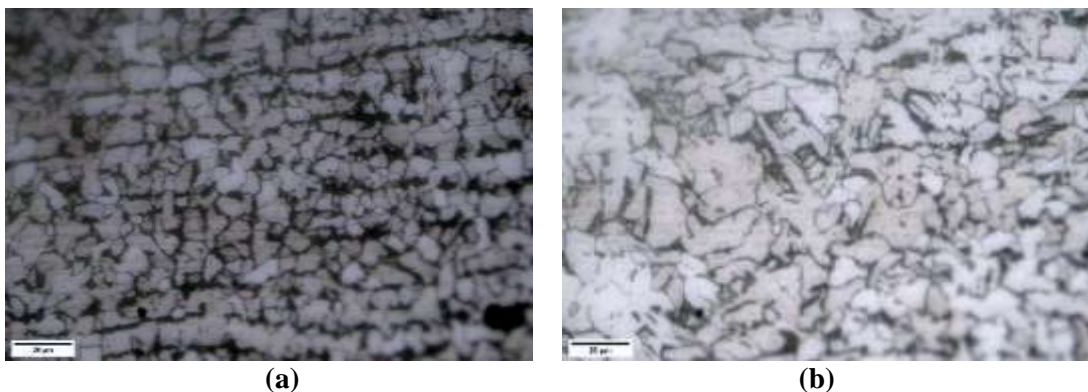
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 8 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano fino.



**Ilustración 25-4:** Metalografía FCAW-230-6-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

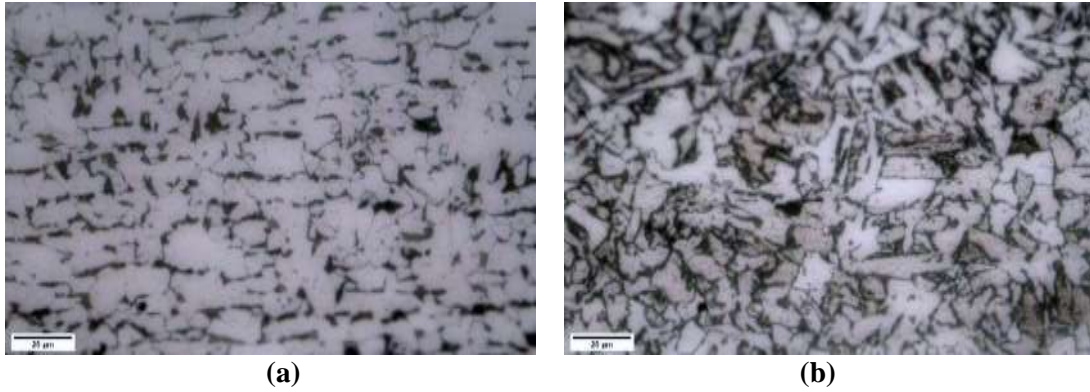
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 10 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 26-4:** Metalografía FCAW-150-8-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

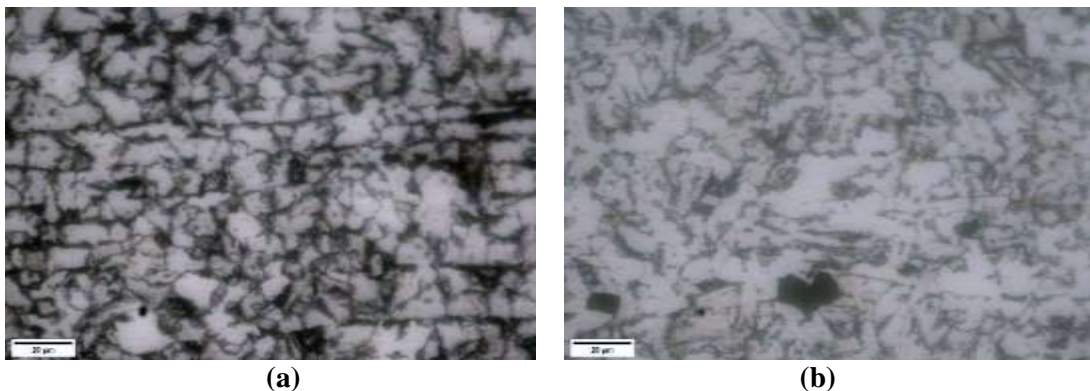
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 12 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 27-4:** Metalografía FCAW-175-8-Me (a) ZAC y (b) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

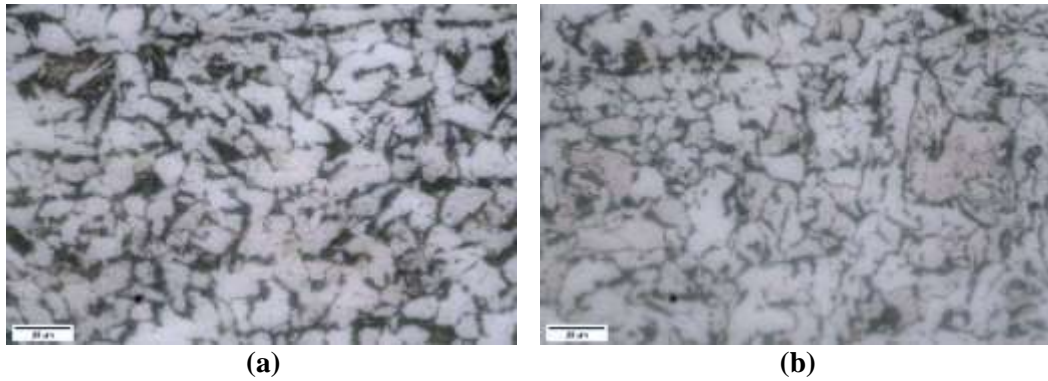
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 10 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 28-4:** Metalografía FCAW-225-8-Me (a) ZAC y (b) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

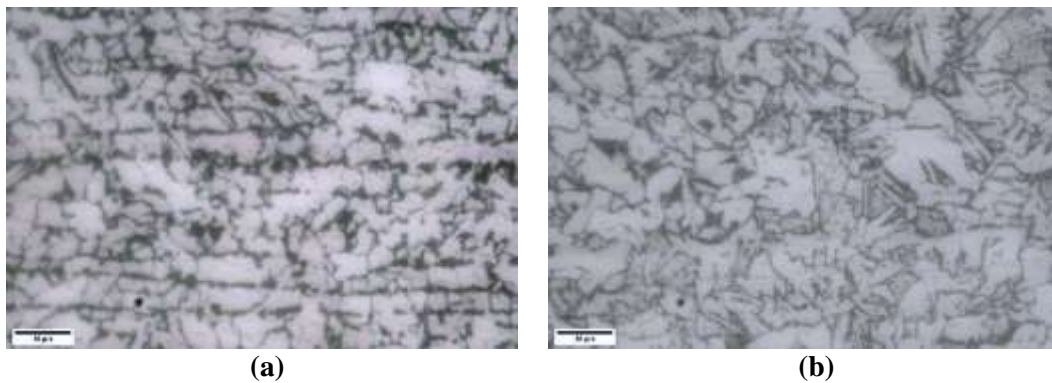
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 10 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 29-4:** Metalografía FCAW-300-8-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

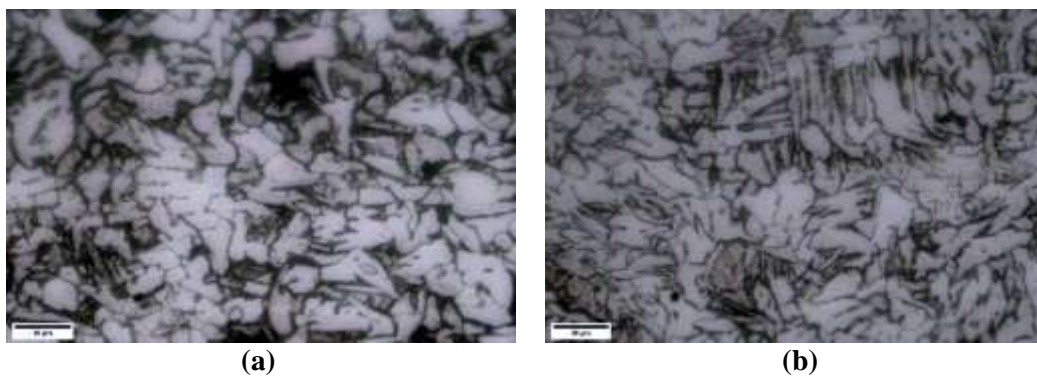
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 10 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 30-4:** Metalografía FCAW-225-10-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.

Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 10 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.

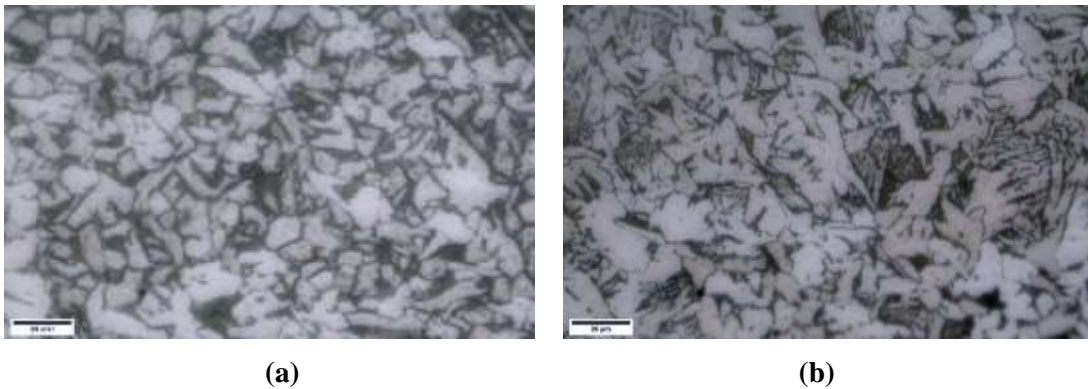


**Ilustración 31-4.** Metalografía FCAW-275-10-Me (a) ZAC y (b) MB.

Realizado por: Ramos, Cristian, 2022.



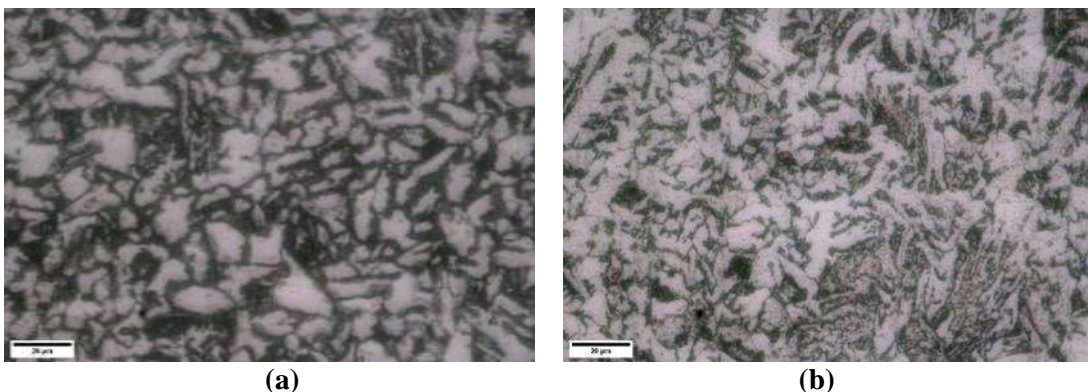
Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 9 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano fino.



**Ilustración 32-4:** Metalografía FCAW-325-10-Me (a) ZAC y (b) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 11 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.



**Ilustración 33-4:** Metalografía FCAW-375-10-Me (a) ZAC y (b) MB.

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

Se observa que en la ZAC tiene un tamaño de grano más pequeño frente al material base (MB), teniendo un valor del grano ASTM 11 y en el material base un tamaño de grano ASTM 9, correspondientes a un grano ultrafino y fino respectivamente.

#### 4.8 Resumen de ensayos

A continuación, se observan tablas resumen de los diferentes ensayos a los que fueron sometidos los cupones y se realiza una clasificación para cada espesor, de manera que permite evidenciar en que ensayo se acepta o rechaza el cupón.

**Tabla 18-4:** Resultado global ensayos cupones 6 mm

Cupón	Inspección visual	Ultrasonido	Doblado de cara y raíz	Tracción sección reducida	Calificación global
FCAW-125-6	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Aceptado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-175-6	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-200-6	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-230-6	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	<b>ACEPTADO</b>

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

De la tabla 18-4, se evidencia que el cupón aprobado para el espesor de 6 mm es: FCAW-230-6.

**Tabla 19-4:** Resultado global ensayos cupones 8 mm

Cupón	Inspección visual	Ultrasonido	Doblado de cara y raíz	Tracción sección reducida	Calificación global
FCAW-150-8	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Rechazado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-175-8	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-225-8	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	<b>ACEPTADO</b>
FCAW-300-8	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	<b>ACEPTADO</b>

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

De la tabla 19-4, se evidencia que los cupones aprobados para el espesor de 8 mm son: FCAW-225-8 y FCAW-300-8.

**Tabla 20-4:** Resultado global ensayos cupones 10 mm

Cupón	Inspección visual	Ultrasonido	Doblado de cara y raíz	Tracción sección reducida	Calificación global
FCAW-225-10	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	<b>ACEPTADO</b>
FCAW-275-10	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-325-10	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado	<b>RECHAZADO</b>
FCAW-375-10	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Aceptado	<b>RECHAZADO</b>

**Realizado por:** Ramos, Cristian, 2022.

De la tabla 20-4, se evidencia que el cupón aprobado para el espesor de 10 mm es: FCAW-225-10

## CONCLUSIONES

Realizando el estudio de la evaluación experimental para caracterizar juntas de acero ASTM A36 soldadas mediante el proceso FCAW se concluye lo siguiente:

- Se obtuvieron las probetas de cada uno de los cupones soldados mediante la aplicación de la norma AWS D1.1 2020 en la cual indica las dimensiones para las probetas para los ensayos destructivos y cupón en general.
- Los ensayos no destructivos (END) (inspección visual y ultrasonido) para los cupones, cumplieron con los criterios de aceptación del código AWS D1.1 2020.
- En el tamaño de grano ASTM tanto en la ZAC como en el material base tienen una equivalente a grano ultrafino y fino.
- Se evidencia que las dimensiones de la ZAC y la penetración del material de aporte va incrementando conforme aumenta el amperaje, de manera similar la sobre monta y el ancho de garganta del cordón se ve afecta por el incremento de voltaje.
- Debido a la presencia de diferentes zonas microestructurales en las juntas soldadas, se realizó un barrido que va desde el MA, ZAC y MB, tratando de hacer las indentaciones en lugares similares de las probetas, dando así que el metal base (MB) tiene una dureza de HB 137 a HB 158, en cuanto a la ZAC los valores están en HB 140 a HB 168 y en la zona céntrica del cordón es de HB 172 a HB 191.
- Para los resultados obtenidos en los END y ED, se puede soldar en condiciones óptimas teniendo en cuenta los parámetros establecidos en los WPS de los siguientes cupones de soldadura: FCAW-230-6, FCAW-225-8, FCAW-300-8 y FCAW-225-10, al aplicar la norma AWS D1.1 2020, sin que se vean afectadas las propiedades mecánicas y microestructurales de manera significativa.

## **RECOMENDACIONES**

- El proceso de soldadura FCAW con alambre E71T11 de diámetros 1.2 mm al ser autoprotegido, genera bastante escoria por lo que se debe realizar una limpieza después de cada pase de soldadura.
- Es indispensable que no existan corrientes de aire elevadas ya que estas pueden afectar al cordón de soldadura.
- Para tener fusión del material de aporte y material base, se debe controlar y respetar los parámetros establecidos y aprobados en los WPS de cada cupón de soldadura de manera que estén libres de defectos de acuerdo a la norma AWS D1.1.
- Se recomienda hacer ensayos de tenacidad.
- Al obtener las probetas de los cupones de soldaduras, es necesario que no exista ningún tipo de calentamiento debido a que este puede variar propiedades mecánicas y por ende cambiar la microestructura afectando los resultados obtenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARISTIZÁBAL, Adriana. & MANRIQUE, Martha.** Ensayos y propiedades de los materiales. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2017. 26pp. ISBN-13:9789587811278
- PAYARES, Carolina. & GALEZO, Holman. & GRACIANO, Carlos.** “Influencia de los parámetros de soldadura en la predicción de la curva esfuerzo de deformación de un acero dúplex Laminado”. *ICWJM II CONFERENCIA INTERNACIONAL DE SOLDADURA Y UNIONES DE MATERIALES* [en línea], (2017), (Perú), pp 1-10. [consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Graciano/publication/315090490\\_INFLUENCIA\\_DE\\_LOS\\_PARAMETROS\\_DE\\_SOLDADURA\\_EN\\_LA\\_PREDICCION\\_DE\\_LA\\_CURVA\\_ESFUERZO\\_DEFORMACION\\_DE\\_UN\\_ACERO\\_DUPLEX\\_LAMINADO/links/58c9dfdaa6fdcc08b1649d30/INFLUENCIA-DE-LOS-PARAMETROS-DE-SOLDADURA-EN-LA-PREDICCION-DE-LA-CURVA-ESFUERZO-DEFORMACION-DE-UN-ACERO-DUPLEX-LAMINADO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Graciano/publication/315090490_INFLUENCIA_DE_LOS_PARAMETROS_DE_SOLDADURA_EN_LA_PREDICCION_DE_LA_CURVA_ESFUERZO_DEFORMACION_DE_UN_ACERO_DUPLEX_LAMINADO/links/58c9dfdaa6fdcc08b1649d30/INFLUENCIA-DE-LOS-PARAMETROS-DE-SOLDADURA-EN-LA-PREDICCION-DE-LA-CURVA-ESFUERZO-DEFORMACION-DE-UN-ACERO-DUPLEX-LAMINADO.pdf)
- AWS-D1.1 2020.** *Código de soldadura estructural – Acero.*
- ASTM E-112.** *Métodos de prueba estándar para la determinación de tamaño de grano.*
- ASTM E-10.** *Método de prueba estándar para dureza Brinell de materiales metálicos.*
- ASTM E-3.** *Guía estándar para la preparación de muestras metalográficas.*
- MARCONI, Cesar; & CASTILLO, María José; & BOCCANERA, Leonardo; & RAMINI, Mabel.** “Influencia del Calor Aportado y Metal de Aporte Sobre las Propiedades Mecánicas y la Microestructura de Juntas Soldadas por FCAW de Acero Microaleado de Alta Resistencia”. *Soldagem & Inspeção* [en línea], 2015, (Brasil) 20(2), pp. 148-159. [consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI2002.03>
- CAPOTE, Vicente.** Ensayos destructivos metalúrgicos. Primera Parte. *Temas para la educación revista digital para profesionales de la enseñanza* [en línea], 2011. Federación de enseñanza de CC.OO. de Andalucía [consulta: 27 de septiembre de 2021]. ISSN 1989-4023. Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8427.pdf>



**GONZALES, Victoria. & BOTERO, Juan. & ROCHEL, Roberto. & VIDAL Julián. & ALVAREZ, Martha.** Propiedades mecánicas del acero de refuerzo utilizado en Colombia. *Ingeniería y Ciencia* [en línea], 2005. Colombia: vol 1, núm 1.[Consulta: 19 de noviembre de 2021]. ISSN 1794-9165 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83510105>

**FLORES SUÁREZ, Carlos y SUÁREZ GAVILANES, Juan.** *Caracterización de juntas soldadas en acero inoxidable AISI 304 mediante los procesos SMAW, GMAW y GTAW.* [en línea], 2020. Tesis Ingenieril. Quito: Escuela Politécnica Nacional. [consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20990>

**BOGAN, Martín.** Normas y características de los aceros fabricados en México. [en línea], 2018. Disponible en: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/normas-y-caracter%C3%ADsticas-de-los-aceros-fabricados-por-altos-hornos-de-m%C3%A9xico> [consulta: 26 de septiembre 2021].

**MOTT, Robert.** *Resistencia de Materiales.* México: Pearson Education, Inc, 2009. ISBN: 978-607-442-047-0

**GUDIÑO, Samuel.** Acero A36 y Mas. [en línea]. Mexico: Universidad Azteca, 2004. [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/8289686/ACERO\\_A36\\_Y\\_MAS](https://www.academia.edu/8289686/ACERO_A36_Y_MAS)

**FLORES, Juan Carlos.** Acero A36. [en línea]. Guatemala: Universidad Mariano Gálvez. 2016 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/12650478/ACERO\\_A36](https://www.academia.edu/12650478/ACERO_A36)

**FERNÁNDEZ, Ariana.** “Manual de estudio FCAW”. [en línea]. 2016 (Chile), pp. 20-32 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/hangariana/docs/manual\\_fcaw](https://issuu.com/hangariana/docs/manual_fcaw)

**GIACHINO, Josoph W.** *Técnica y práctica de la Soldadura/* por Josoph W. Gianchino y Wiliam Weeks.-Barcelona: Reverie, 1981. pp. 463.

**OSPINA LOPEZ, Ricaurte; & TRUJILLO, Hernando; & PARRA, Carlos.** “Aplicación y selección de ensayos no destructivos para la evaluación de uniones soldadas”. *Scientia Et Technica* [en línea], 2011, (Colombia) XVI (48), pp. 196-201 [Consulta: 24 de Noviembre de 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922622035>

- BUEHLER.** *A guide to materials preparation and analysis*. [en línea]. 4<sup>ta</sup> Edición. USA: Calaméo, 2018. [Consulta: 15 de abril 2022]. Disponible en: <https://en.calameo.com/buehler/read/006393291a14f7be86036>
- ORTIZ, Luis F.; & PULIDO, Andrés F.; & MESA, Dairo H.** “Caracterización mecánica, metalográfica y tribológica de un buje metálico del cable aéreo de Manizales”. *Scientia et Technica*, n° 20 (2016), (Colombia) pp. 1-6.
- NARANJO, Carlos; & SÁNCHEZ, Xavier; & TOBAR, Estefanía.** “Estudio de las transformaciones metalográficas y variación de las propiedades mecánicas en juntas soldadas de acero ASTM A588 y A36”. *Energía y Mecánica* [en línea], 2015 (Ecuador) 10(1), pp. 135-141. [Citado el: 1 de agosto de 2022]. ISSN 1390-4671. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/38>
- SANCHÉZ OSORIO, Manuel Alfredo, & RINCÓN REINA, Edwin Eduardo.** Análisis de soldadura del acero estructural A572 grado 50 con el proceso de soldeo al arco eléctrico con electrodo tubular aprottegido (FCAW-S) y comparada con el proceso de soldadura al arco con electrodo metálico revestido (SMAW) (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia 2017. pp. 14-47.
- SYARUL, Mohamat, IZATUL, Aini, AMALINA, Amir y ABDUL, Ghalib.** The Effect of Flux Core Arc Welding (FCAW) processes on different parameters. *SciVerse ScienceDirect*. [en línea]. Malasia: Procedia Engineering, Volumen 41, Pages 1497-1501. 2012 [consulta: 29 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.341>
- REZENDE, Emanuel.** *Influência de parâmetros do processo fcaw-g nas características da solda do aço astm a-36*. Tesis Ingenieril. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. 2012 [consulta: 29 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/download/y4eeonvq?page=1>
- CALDERÓN CONCHA, J.** Estudio comparativo de la soldabilidad en aceros (ASTM A36, a588 y a572) mediante el proceso FCAW [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ecuador, Quito. 2014. pp. 148-150 [Consulta: 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7332>
- TOBAR, Estefanía.** *Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36*. Tesis Ingenieril. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. 2015 [consulta: 29 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10467>
- MEDINA, W.** *Soldadura, características de los electrodos* [En línea]. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Núcleo Barinas, Departamento de Ingeniería Mecánica, Venezuela, Barinas. 2010. pp. 1-10 [Consulta: 30 de septiembre 2021]. [https://nanopdf.com/download/soldadura-caracteristicas-de-electrodos\\_pdf](https://nanopdf.com/download/soldadura-caracteristicas-de-electrodos_pdf)
- LABRADOR, Blanca.** *Ensayos no destructivos a la soldadura*. STARGAS. [en línea], 2010. Disponible en: <https://www.stargas.com.ve/blog/ensayo-no-destructivos-a-la-soldadura/> [consulta: 27 de septiembre de 2021]

**DÍAZ, Felipe.** *Lectura de ingeniería, perfiles estructurales* [En línea], 2019. Cuautitlán, México. [consulta: 27 de septiembre de 2021]. [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m5/Perfiles\\_estructurales\\_2019-1.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/Perfiles_estructurales_2019-1.pdf)

**KALPAKJIAN, Serope y SCHMID, Steven.** *Manufactura: Ingeniería y Tecnología.* 5ª ed. Mexico: 2019. Person Edution ISBN 9789702601371

**MEDINA TORRES, Camilo Guillermo, & QUISPE GUAMAN, Franklin Hernán.** Análisis de soldabilidad y propiedades mecánicas de una tubería de revestimiento (casing) en junta soldada con el proceso FCAW Innershield u Outershield [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ecuador, Quito. 2020. [Consulta: 29 de septiembre 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20739>

**MARIN, Andrés.** Proceso FCAW. En: *Soldadura y estructuras.* [en línea], 2016. Disponible en: <http://soldadurayestructuras.com/proceso-fcaw.html> [consulta: 26 de septiembre 2021].

**LINCOLN ELECTRIC.** *Soldeo con alambre tubular* [en línea]. [consulta: 26 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut54/doc1tut54.pdf>

**SCISA.** Ensayo no destructivo: tipos y funciones. En: *Control & Inspeccion* [en línea], 2018. Disponible en: <https://scisa.es/ensayo-no-destructivo/> [consulta: 27 de septiembre de 2021]

**GOMEZ de LEON, Félix y GONZALES CARPENA, Antonio.** Ensayos no destructivos. En: *Curso de resistencia de materiales y cálculo de estructuras* [en línea], 2018. Disponible en: <https://www.um.es/documents/4874468/16219625/tema08.pdf/fe51bc61-b17f-447e-85b6-e5b1137b5b38> [consulta: 27 de septiembre de 2021]

**ESAB.** Ensayos de laboratorio para la verificación de las uniones soldadas. *West Arco número uno en Soldadura.* [en línea], 2018. Disponible en: <https://www.westarco.com/westarco/sp/education/evento-soldador/upload/ensayos-de-laboratorio.pdf> [Consultado: 27 de septiembre de 2021]

# ANEXOS

## ANEXO A: ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS)

### ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOD01-M-RAM05-8233

Nombre de la compañía			
Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.		14/02/2022	
Autorizado por		Fecha	

Materiales base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N.º
Metal Base	ASTM A 36	-	1
Soldado a	ASTM A 58	-	1
Metal de respaldo	A53B	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	65°
Abertura de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Ranurado del lado opuesto	SI
Método	Amolado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento	
Capa(s) de soldadura	1
Posición de soldadura	1
Proceso	FGAW-B
Tipo (Semi-automático, manual, etc)	Semi-automático
Posición	1G
Protección vertical	-
Metal de aporte (espes. de AWS)	A53B
Clasificación de AWS	E71T-11
Diámetro	1.3 mm
Fabricación (flameo comercial)	ELECTRO
Gas de protección (composición)	No se requiere
Caudal	-
Tamaño de boquilla	15.8 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C
Temperatura entre pasadas	NA
Características eléctricas	-
Polaridad y tipo de corriente	DCEN
Modo de transferencia	Controlado
Tipo de fuente de alimentacion	CV
Amperios (A)	94-102
Volts (V)	18.5-19
Velocidad de avance (mm/min)	125
Velocidad de desplazamiento (mm/sig)	1.48
Entrada de calor (kJ/mm)	830.72
Técnicas	-
Operador o Tejido	Tejido
Ranura múltiple o enra (por lado)	Múltiple
Orificios (mecanizado / automático)	-
Número de electrodos	1
Distancia del tubo de contacto al trabajador	23 mm
Material	Ninguno
Control de calidad	Cepillo alambre
Otro	-

PQR(s) de respaldo	
Capas del material	Tal como se soldó
Soldadura en ranura con CIP	5 mm
Ranura CIP DCEN	-
Soldadura en ranura con PJP	-
Soldadura en flanco	-
Diámetro	-

**DETALLE DE LA JUNTA (Resqueje)**

Realizado por:

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOD1

Revisado por:

Responsible Técnico de Laboratorio de Soldadura EPN

## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCI-IM-RANOS-4232

Nombre de la compañía \_\_\_\_\_

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/02/2022

Autorizado por \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Materiales base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS EL*
Materiales base	ASTM A 36	-	1
Soldadura	ASTM A 36	-	1
Metal de respaldo	A520	E717-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	60°
Alentura de la raíz	3 mm
Cara de la filete	3 mm
Ranurado del lado opuesto	SI
Mecido	Ampliado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento		1	2	-	-	-	-	-	-
Capas de soldadura		1	2	-	-	-	-	-	-
Posición de soldadura		1	2	-	-	-	-	-	-
Proceso		FCM-S	FCM-S	-	-	-	-	-	-
Tipo (Semi-automático, mecanizado, etc.)		Semi-automático	Semi-automático	-	-	-	-	-	-
Posición		1G	1G	-	-	-	-	-	-
Progresión vertical		-	-	-	-	-	-	-	-
Metal de aporte (espesor, De AWS)		A520	A520	-	-	-	-	-	-
Clasificación de AWS		E717-11	E717-11	-	-	-	-	-	-
Diámetro		1,2 mm	1,2 mm	-	-	-	-	-	-
Fabricación/Número comercial		ELECTRO	ELECTRO	-	-	-	-	-	-
Gas de protección (compatibles)		No se requiere	No se requiere	-	-	-	-	-	-
Caudal		-	-	-	-	-	-	-	-
Tamaño de boquilla		15,8 mm	15,8 mm	-	-	-	-	-	-
Temperatura de precalentamiento		15° C	15° C	-	-	-	-	-	-
Temperatura entre pasadas		N/A	N/A	-	-	-	-	-	-
Características eléctricas		-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia y tipo de corriente		DCEN	DCEN	-	-	-	-	-	-
Modo de transferencia		Controlado	Controlado	-	-	-	-	-	-
Tipo de fuente de alimentación		CV	CV	-	-	-	-	-	-
Amperios (A)		125-140	125-135	-	-	-	-	-	-
Voltios (V)		10,0-20	16,7-20	-	-	-	-	-	-
Inductancia de alimentación estándar (FMS)		175	175	-	-	-	-	-	-
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)		1,80	2,501	-	-	-	-	-	-
Entrada de calor máxima (joules / mm)		1001,53	697,35	-	-	-	-	-	-
Técnicas		-	-	-	-	-	-	-	-
Electrodo o Tefón		Tefón	Tefón	-	-	-	-	-	-
Procedo múltiple o arco (paralelo)		Múltiple	Múltiple	-	-	-	-	-	-
Distribución (precalentado / automática)		-	-	-	-	-	-	-	-
Número de electrodos		1	1	-	-	-	-	-	-
Distancia del tubo de contacto al electrodo		25 mm	20 mm	-	-	-	-	-	-
Montado		Ninguno	Ninguno	-	-	-	-	-	-
Longitud entre pasadas		Capilla estándar	Capilla estándar	-	-	-	-	-	-
Otro		-	-	-	-	-	-	-	-

2 1

N° de WPS N° de rev

NO NO

PQR(a) de respaldo Informe CVN

Espejor del material	Tal como es soldado	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	6 mm	-
Ranura CJP a tope	-	-
Soldadura en ranura con FyP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Distorsión	-	-



Realizado por:

Revisado por:

*Alejandro Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPDCH



Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.  
Inspector de Soldadura Certificado CVN  
Responsable Técnico de Análisis de Materiales EPN

## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR RAMOS-8233

Nombre de la compañía

Ing. Cristian E. Valdegeuz Nils. 14/02/2022  
 Autorizado por Fecha

Materiales base	Especificación	Tipo o grado	Grupo AWS N.º
Metal base	ASTM A 36	-	1
Soldado a	ASTM A 36	-	1
Metal de respaldo	A520	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	60°
Alfilero de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Formado del lado opuesto	SI
Método	Amolado

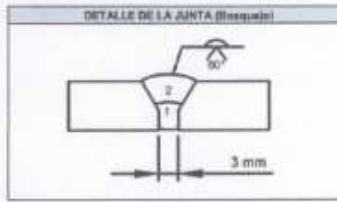
Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguna
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento	
Capacidad de soldadura	1 2
Procedimiento de soldadura	1 2
Proceso	FCAW-S FCAW-S
Tipo (semiautomático, manual, etc.)	Semiautomático Semiautomático
Posición	1D 1D
Progreso vertical	-
Metal de aprestos/dec. De AWS	A520 A520
Calificación de AWS	E71T-11 E71T-11
Diámetro	1,2 mm 1,2 mm
Fabricación/Nombre comercial	ELKTRON ELKTRON
Gas de protección (compresión)	No se requiere No se requiere
Gasol	-
Tamaño de boquilla	15,8 mm 15,8 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C 15° C
Temperatura entre pasadas	N/A N/A
Características eléctricas	-
Potencial y tipo de contacto	DCEN DCEN
Modo de transferencia	Controlado Controlado
Tipo de fuente de alimentación	CV CV
Amperios (A)	138-150 138-150
Volts (V)	24,3-24,5 24,3-24,5
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	300 300
Velocidad de desplazamiento (mm /seg)	1,101 1,21
Distrito de calor (calor /seg)	853,8 1.256,88
Técnicas	-
Encendido a tope	Tabla Tabla
Resaca múltiple en una (por lado)	Múltiple Múltiple
Deflexión (verticalidad / horizontal)	-
Número de electrodos	1 1
Diámetro del tubo de contacto al transferir	20 mm 20 mm
Identidad	Ninguna Ninguna
Letras en el símbolo	Capilo alambre Capilo alambre
Otro	-

3 1  
 N° de WPS N° de rev

NO NO  
 POR(s) de respaldo Informe CVN

Espección del material	Tal como se solda	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	6 mm	-
Ranura CJP c/ CVN	-	-
Soldadura en ranura con FJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Donde	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*  
 Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
 Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

*Ing. Cristian E. Valdegeuz Nils.*  
 Ing. Cristian E. Valdegeuz Nils.  
 Inspector de Soldadura Certificado CVN  
 Responsable Técnico de Laboratorio

The stamp is circular with a blue border. Inside, it says 'LABORATORIO DE SOLDADURA' at the top, 'EPN' in the center, and 'INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATERIALES' at the bottom. There is a small illustration of a welder in the center.



## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR-RRMOS-6203

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Material base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N.º
Metal base	ASTM A 26	-	1
Soldado	ASTM A 26	-	1
Material de reposito	A5.20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	90°
Adensura de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Ranurado del lado opuesto	SI
Método	Amolado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento	
Capas de soldadura	1 2
Parámetros de soldadura	1 2
Proceso	FCM-S FCM-S
Tipo (termoquímico, resaca, etc.)	Semiautomático Semiautomático
Posición	10 10
Progresión vertical	- -
Metal de aporte/empaste. De AWS	A5.20 A5.20
Clasificación de AWS	E71T-11 E71T-11
Diámetro	1.2 mm 1.2 mm
Fabricación/Reventa comercial	ELECTRO ELECTRO
Gas de protección (composición)	No se requiere No se requiere
Caudal	- -
Tamaño de boquilla	15.9 mm 15.9 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C 15° C
Temperatura ambiente pasada	N/A N/A
Características eléctricas	- -
Polaridad y tipo de corriente	DCEN DCEN
Modo de transferencia	Cartucho Cartucho
Tipo de fuente de alimentación	CV CV
Amperios (A)	148-152 156-160
Volts (V)	23.0-24.1 23.0-23.3
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	226 230
Velocidad de desplazamiento (mm /seg)	3.476 1.368
Distrito (de calor promedio (calor / mm)	784.01 1507.1
Técnica	- -
Intermitente o fijo	Fijo Fijo
Resaca múltiple o una por lado	Múltiple Múltiple
Deflexión (manchada / automática)	- -
Número de electrodos	1 1
Diámetro del tubo de contacto al trazo de	22 mm 20 mm
Martillo	Ninguno Ninguno
Longitud entre pasadas	Capto alambre Capto alambre
Otro	- -

4 1

Nº de WPS Nº de rev

NO NO

PQR(s) de respaldo Informe CVR

Capacidad del material	Tal como se aplica	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	5 mm	-
Ranura CJP c/DCN	-	-
Soldadura en ranura con PJP	-	-
Soldadura en flanco	-	-
Diámetro	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernández  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

*Gabriel Velazquez*

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.  
Inspector de Soldadura y Control de Calidad  
Responsable Técnico de laboratorio de MATERIALES



## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR-AMOS-0233

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/03/2022

Autorizado por Fecha

Materiales base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N°
Materiales base	ASTM A 36	-	1
Soldador	ASTM A 36	-	1
Materiales de respaldo	A6.20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de refuerzo en V individual
Ángulo de refuerzo	88°
Adelanto de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Planura del lado opuesto	SI
Metodo	Arrollado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento			
Capacidad de soldadura	1	2	3
Posición de soldadura	1	2	3
Proceso	PCAW-S	PCAW-S	PCAW-S
Tipo (Semi-automático, manual, etc.)	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático
Paletas	10	10	10
Progreso vertical	-	-	-
Metal de aporte/depósito. De AWS	A6.20	A6.20	A6.20
Clasificación de AWS	E71T-11	E71T-11	E71T-11
Diámetro	1.2 mm	1.2 mm	1.2 mm
Fabricación/Número comercial	ELEKTRO	ELEKTRO	ELEKTRO
Base de protección (desgasitación)	No se requiere	No se requiere	No se requiere
Caída	-	-	-
Tamaño de boquilla	15.9 mm	15.9 mm	15.9 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C	15° C	15° C
Temperatura entre pasadas	N/A	N/A	N/A
Características eléctricas	-	-	-
Polaridad y tipo de corriente	DCEN	DCEN	DCEN
Modo de transferencia	Controlado	Controlado	Controlado
Tipo de fuente de alimentación	CV	CV	CV
Amperios (A)	124-132	131-142	134-141
Volts (V)	18.4-18.5	15.5-19.7	18.4-18.7
Velocidad de alimentación alambre (mm)	150	150	150
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)	1.388	1.101	1.388
Entrada de calor máxima (Joules / mm)	1275.7	854.1	1307.77
Notas	-	-	-
Encendedor o Tejido	Tejido	Tejido	Tejido
Procedimiento de limpieza	Múltiple	Múltiple	Múltiple
Deflector (recomendado / autorizado)	-	-	-
Número de electrodos	1	1	1
Distancia del tubo de contacto al trabajador	23 mm	20 mm	23 mm
Identificación	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Limpieza entre pasadas	Cepillo alambre	Cepillo alambre	Cepillo alambre
Otro	-	-	-

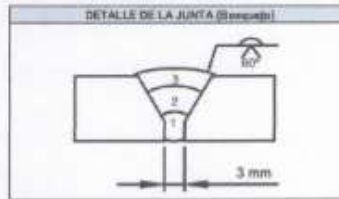
0 1

N° de WPS N° de rev

NO NO

PQR(s) de respaldo Informe CVR

Excesos del material	Tal como se soldó	Con PWHT
Soldadura en refuerzo con GP	3 mm	-
Refuerzo GP o CVR	-	-
Soldadura en refuerzo con PJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Demora	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:





## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH IM RAMOS-0233

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Valenzuela Nilo. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Material base	Especificación	Tipo o grado	Grupo AWS R.1
Material base	ASTM A 36	-	1
Soldador a	ASTM A 36	-	1
Material de respaldo	AL20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de nervio en V Involucral
Ángulo de nervio	60°
Apertura de la raíz	3 mm
Groove de la raíz	3 mm
Planura del lado opuesto	SI
Método	Amolado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguna
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Propiedades		1	2																
Capacidad de soldadura		1	2																
Proceso de soldadura		1	2																
Proceso		PCAW-S	PCAW-S																
Tipo (Semiautomático, manual, etc.)		Semiautomático	Semiautomático																
Posición		10	10																
Procedimiento																			
Material de aporte (tipo, de AWS)		A5.28	A5.28																
Clasificación de AWS		E71T-11	E71T-11																
Diametro		1.2 mm	1.2 mm																
Fabricación/Proveedor (nacional)		ELECTRO	ELECTRO																
Gas de protección (composición)		No se requiere	No se requiere																
Caudal																			
Tamaño de Bequilla		15.9 mm	15.9 mm																
Temperatura de precalentamiento		15° C	15° C																
Temperatura entre pasadas		N/A	N/A																
Características eléctricas																			
Potencia y tipo de corriente		CCM	CCM																
Modo de transferencia		Controlado	Controlado																
Tipo de fuente de alimentación		CV	CV																
Amperios (A)		121-143	125-142																
Volts (V)		16.7-26	19.8-20.1																
Velocidad de alimentación alambre (IPM)		175	175																
Velocidad de desplazamiento (mm /seg)		1,586	1,496																
Entrenamiento de calor máximo (Joules / pas)		1320	1170.52																
Técnicas																			
Encendido a tope		Talpe	Talpe																
Passo múltiple o único (por lado)		Múltiple	Múltiple																
Defectos (resaca / variación)																			
Numero de electrodos		1	1																
Resaca del tubo de contacto al trabajador		23 mm	23 mm																
Martillo		Ninguno	Ninguno																
Resaca entre pasadas		Cepillo alambre	Cepillo alambre																
Otro																			

2

N° de WPS

1

N° de rev

NO		NO	
PQR(s) de respaldo		Informe QM	
Espesor del material	Tal como se suelda	Con PWHT	
Soldadura en nervio con CJP	8 mm	-	-
Resaca CJP a CDM	-	-	-
Soldadura en nervio con PJP	-	-	-
Soldadura en flange	-	-	-
Dureza	-	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

*Gabriel E. Valenzuela Nilo*

Ing. Gabriel E. Valenzuela Nilo  
Inspector de Soldadura Certificado  
Responsable Técnico de laboratorio de Soldadura EPN



## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR-AMOS-8238

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velozaga MSc. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Material base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N°
Materia base	ASTM A 36	-	1
Soldado a	ASTM A 36	-	1
Material de reposito	A5.20	E71T-11	-
Otro:			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	90°
Medura de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Ranurado del lado asado	SI
Método	Anotado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro:	-

Precaudimiento	
Capas de soldadura	1 2
Parámetros de soldadura	1 2
Proceso	FCMFS FCMFS
Tipo (semiautomático, manual, etc.)	Semiautomático Semiautomático
Posición	1G 1G
Progresión vertical	-
Metil de apuntespec. De AWS	A5.20 A5.20
Clasificación de AWS	E71T-11 E71T-11
Diámetro	1.2 mm 1.2 mm
Fabricación/Requisito comercial	ELEKTRO ELEKTRO
Base de protección (compensación)	No se requiere No se requiere
Caída	-
Tamaño de gota	10.0 mm 10.0 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C 15° C
Temperatura entre pasadas	N/A N/A
Características eléctricas	-
Polaridad y tipo de corriente	DCRN DCRN
Modo de transferencia	Controlado Controlado
Tipo de fuente de alimentación	CV CV
Amperios (A)	103-190 138-190
Volts (V)	26.6-30.5 24-21.5
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	325 325
Velocidad de desplazamiento (mm /seg)	1,552 1,551
Estado de calor máximo (grados / mm)	1751.72 1325.11
Técnica	-
Encendedor o Toque	Tapón Tapón
Resado múltiple o encaje (por lado)	Múltiple Múltiple
Oscilación (manchado / serpiente)	-
Alambre en el electrodo	1 1
Diámetro del tubo de contacto al trabajador	20 mm 20 mm
Martillado	Ninguno Ninguno
Lineas entre dentado	Cepillo alambre Cepillo alambre
Otro:	-

7 1

N° de WPS N° de rev

NO NO

PQR(s) de repóste Informe CVN

Espesor del material	Tal como es soldo	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	6 mm	-
Ranura CJP c/DCN	-	-
Soldadura en ranura con PJP	-	-
Soldadura en flanco	-	-
Diámetro	-	-



Realizado por:

*Alejandro Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:



## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR-AMOS-8231

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Material base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N°
Material base	ASTM A 36	-	1
Soldado	ASTM A 36	-	1
Material de respaldo	A5.20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Angulo de ranura	60°
Apertura de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Ranurado del lado opuesto	SI
Método	Amolado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguna
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento	
Deposición de soldadura	1 2
Presencia de soldadura	1 2
Proceso	FCM-S FCM-S
Tipo (Semi-automático, manualizado, etc.)	Remanente/Manualizado
Pulsos	SI SI
Programación vertical	-
Metal de aporte (pesos, de AWS)	A5.20 A5.20
Calificación de AWS	E71T-11 E71T-11
Diámetro	1,2 mm 1,2 mm
Fabricación (Fabrica comercial)	EL CENTRO EL CENTRO
Gas de protección (composición)	Ne se requiere Ne se requiere
Caudal	-
Temperatura de Deseche	15,9 mm 15,9 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C 15° C
Temperatura entre pasadas	NA NA
Características eléctricas	-
Polaridad y tipo de corriente	CCDN CDDN
Modo de transferencia	Controlado Controlado
Tipo de fuente de alimentación	CV CV
Amperios (A)	174-188 176-191
Volts (V)	22,4-22,8 22,5-22,8
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	399 399
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)	2,83 2,83
Entrada de calor máxima (Joules / mm)	1165,81 1482,72
Ranuras	-
Encordado o Tejado	Tejado Tejado
Ranado múltiple o único (por lado)	Multiple Multiple
Defectos (recomendado / permitido)	-
Numero de electrodos	1 1
Distancia del tubo de conexión al trócateo	20 mm 20 mm
Material	Ninguno Ninguno
Lineales entre pasadas	Cepillo alambre Cepillo alambre
Otro	-

3 1

N° de WPS N° de rev

R0 R0

POE(s) de respaldo Informe CVN

Espesor del material	Tal como es soldo	Con PWHT
Soldadura en ranura con GAP	8 mm	-
Ranura GAP (CCW)	-	-
Soldadura en ranura con FUP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Diámetro	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

*Gabriel Velazquez*

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.  
Inspector de Soldadura Certificado CWI  
Responsable Técnico de laboratorio de Materiales EPN

## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH (M-RAMOS-4233)

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/12/2022

Autorizado por Fecha

Material base	Especificación	Tipo e Grado	Grupo AWS N.º
Material base	ASTM A 36	-	1
Sociedad	ASTM A 36	-	1
Material de relleno	A5.20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	60°
Alcance de la raíz	3 mm
Groove de la raíz	3 mm
Rasurado del lado succionado	SI
Método	Amolado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento		1	2	3						
Capo(s) de soldadura		1	2	3						
Posición(s) de soldadura		1	2	3						
Proceso		FCMWS	FCMWS	FCMWS						
Tipo (Semiautomático, manual, etc.)		Semiautomático	Semiautomático	Semiautomático						
Posición		1G	1G	1G						
Progreso vertical		-	-	-						
Metal de aporte/apoyo (de AWS)		A5.20	A5.20	A5.20						
Clasificación de AWS		E71T-11	E71T-11	E71T-11						
Diámetro		1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm						
Fabricación/branding comercial		ESLKTND	ESLKTND	ESLKTND						
Gas de protección (composición)		No se requiere	No se requiere	No se requiere						
Caudal		-	-	-						
Tamaño de boquilla		13,8 mm	13,8 mm	13,8 mm						
Temperatura de precalentamiento		15° C	15° C	15° C						
Temperatura ambiente post-soldadura		N/A	N/A	N/A						
Características eléctricas		-	-	-						
Polaridad y tipo de corriente		DCEN	DCEN	DCEN						
Modo de transferencia		Cartucho	Cartucho	Cartucho						
Tipo de fuente de alimentación		CV	CV	CV						
Amperios (A)		154-182	164-173	157-171						
Volts (V)		21,5-21,7	21-21,3	21,3-21,4						
Misidad de alimentación alambre (mm)		225	225	225						
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)		3,313	3,051	3						
Entrada de calor máxima (cal/cm <sup>2</sup> / min)		1117,24	1033,01	1388,35						
Tanques		-	-	-						
Encendedor o Yelido		Yelido	Yelido	Yelido						
Posible material o union (por lado)		Múltiple	Múltiple	Múltiple						
Grados (inclinación / autoángulo)		-	-	-						
Numero de electrodos		1	1	1						
Distancia del tubo de contacto al trabajador		28 mm	28 mm	28 mm						
Método		Máquina	Máquina	Máquina						
Unidad de medida		Capto alambre	Capto alambre	Capto alambre						
Otro		-	-	-						

0 1

Nº de WPS Nº de rev

NO NO

PQR(s) de respaldo Informe CVR

Espesor del material	Tal como se solda	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	10 mm	-
Ranura CJP e/CJH	-	-
Soldadura en ranura con FJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Distrito	-	-



Realizado por:

*Alejandro Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.  
Ingeniero de Soldadura Certificado  
Responsable Técnico de Laboratorio de Soldadura EPN



## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-84-RW005-0233

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velásquez MSc. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Materiales base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N°
Materia Base	ASTM A 36	-	1
Electrodo	ASTM A 36	-	1
Materia de respaldo	A5.00	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	30°
Medura de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Preparación de lado suavizado	SI
Método	Automático

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

Procedimiento			
Código de soldadura	1	2	3
Proceso de soldadura	1	2	3
Proceso	PCAW-S	PCAW-S	PCAW-S
Tipo (Semi-automático, manual, etc)	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático
Posición	1D	1D	1D
Protección vertical	-	-	-
Metil de aperturas (de AWS)	A5.00	A5.00	A5.00
Clasificación de AWS	E71T-11	E71T-11	E71T-11
Diámetro	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
Fabricación/Reserva comercial	ELEKTRO	ELEKTRO	ELEKTRO
Gas de protección (composición)	No se requiere	No se requiere	No se requiere
Cañón	-	-	-
Tamaño de Bequilla	15,8 mm	15,8 mm	15,8 mm
Temperatura de precalentamiento	15° C	15° C	15° C
Temperatura entre pasadas	N/A	N/A	N/A
Características eléctricas	-	-	-
Polaridad y tipo de corriente	DCRN	DCRN	DCRN
Modo de transferencia	Contactado	Contactado	Contactado
Tipo de fuente de alimentación	CV	CV	CV
Amperios (A)	172-186	183-198	176-181
Volts (V)	22,3-22,5	20-22,5	22,3-22,4
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	275	275	275
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)	5,632	5,897	5,041
Entrada de calor máxima (kJ/cm)	1140,15	1233,27	1510,12
Técnicas	-	-	-
Electrodo o Talo	7g00	7g00	7g00
Posición múltiple o única (por lado)	Múltiple	Múltiple	Múltiple
Calificación (seguridad / ambiental)	-	-	-
Número de electrodos	1	1	1
Distancia del tubo de contacto al trabajo	23 mm	20 mm	23 mm
Mantido	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Unidad en proceso	Capilla alambre	Capilla alambre	Capilla alambre
Otro	-	-	-

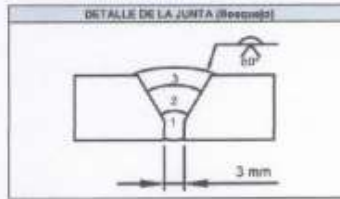
10 N° de WPS

1 N° de rev

ND ND

PQR(x) de respaldo Interna CVN

Espejar del material	Tal como se soldó	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	10 mm	-
Ranura CJP (CVN)	-	-
Soldadura en ranura con PJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Otro	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernández  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:



Ing. Gabriel E. Velásquez MSc.  
Inspector de Soldadura  
Responsable Técnico de laboratorio de Soldadura EPN

## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IV-RAMOS-8233

Nombre de la compañía

Ing. Gabriel E. Velazquez MS. 14/02/2022

Autorizado por Fecha

Materiales base	Especificación	Tipo o Grado	Grupo AWS N.º
Materia Base	ASTM A 36	-	1
Electrodo	ASTM A 36	-	1
Materia de respaldo	A5.20	E71T-11	-
Otro:			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de ranura en V individual
Ángulo de ranura	50 °
Alisado de la raíz	3 mm
Cara de la raíz	3 mm
Ranurado del lado opuesto	SI
Margen:	Ampliado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro:	-

### Procedimiento

Capa(s) de soldadura	1	2	3						
Posición(s) de soldadura	1	2	3						
Proceso	FCAW-S	FCAW-S	FCAW-S						
Tipo (Semañautomático, manualizado, etc.)	Semiautomático	Semiautomático	Semiautomático						
Posición	10	10	10						
Progresión vertical	-	-	-						
Metal de aporte/resaca. De AWS	A5.20	A5.20	A5.20						
Clasificación de AWS	E71T-11	E71T-11	E71T-11						
Diámetro	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm						
Fabricación/Número comercial	ELEKTRO	ELEKTRO	ELEKTRO						
Base de protección (atmosfera)	No se requiere	No se requiere	No se requiere						
Caudal	-	-	-						
Tamaño de boquilla	15,8 mm	15,8 mm	15,8 mm						
Temperatura de precalentamiento	15° C	15° C	15° C						
Temperatura entre pasadas	N/A	N/A	N/A						
Características eléctricas	-	-	-						
Polaridad y tipo de corriente	DCEN	DCEN	DCEN						
Modo de alimentación	Constante	Constante	Constante						
Tipo de fuente de alimentación	CV	CV	CV						
Amperios (A)	187-255	185-255	187-255						
Volts (V)	20,6-23,1	22,7-23	22,6-23,3						
Velocidad de alimentación alambre (mm)	325	325	325						
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)	2,947	2,667	2,136						
Entada de calor máxima (julios / mm)	1134,06	1237,79	1571,32						
Tiempos	-	-	-						
Encendedor o Teflon	Teflon	Teflon	Teflon						
Forma de soldadura (por lado)	Multiple	Multiple	Multiple						
Deflector (manejado / automático)	-	-	-						
Número de electrodos	1	1	1						
Distancia del tubo de contacto al trabajo	20 mm	20 mm	20 mm						
Modificado	Ninguno	Ninguno	Ninguno						
Impresos entre pasadas	Cepillo alambre	Cepillo alambre	Cepillo alambre						
Otro:	-	-	-						

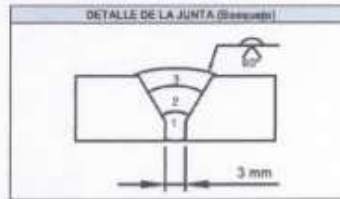
11 1

Nº de WPS Nº de rev

NO NO

PQR(s) de respaldo Informe CVR

Espesor del material	Tal como se solda	Con PWHT
Soldadura en ranura con CJP	10 mm	-
Ranura CJP al/CON	-	-
Soldadura en ranura con FJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Diámetro	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernandez  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Revisado por:

*Gabriel Velazquez*

Ing. Gabriel E. Velazquez MS.  
Inspector De Soldadura Calificada en  
Responsable Técnico de laboratorio G. DE MATERIALES

## ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPOCH-IR-AMOS-8233

Nombre de la compañía \_\_\_\_\_

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc. 14/02/2022

Autorizado por \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Materiales base	Especificación	Tipo o grado	Grupo AWS N°
Materiales base	ASTM A 36	-	1
Soldado	ASTM A 36	-	1
Materiales de respaldo	A6 20	E71T-11	-
Otro			

Detalles de la Junta	
Tipo de junta	Junta a tope de espesa en V individual
Ángulo de resaca	80°
Abertura de la raíz	3 mm
Cura de la raíz	3 mm
Manejo del lado opuesto	SI
Método	Arrollado

Tratamiento térmico posterior a la soldadura	
Temperatura	Ninguno
Tiempo de la temperatura	-
Otro	-

**Procedimiento**

Capo(s) de soldadura	1	2	3						
Posición de soldadura	1	2	3						
Proceso	FCAW-S	FCAW-S	FCAW-S						
Tipo (Semi-automático, manual, etc.)	Semi-automático	Semi-automático	Semi-automático						
Presión	10	10	10						
Procedimiento vertical	-	-	-						
Metal de aporte/espesa. De AWS	A5.20	A5.20	A5.20						
Cualificación de AWS	E71T-11	E71T-11	E71T-11						
Diámetro	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm						
Fabricación/Marca comercial	ELEKTRO	ELEKTRO	ELEKTRO						
Clase de protección (consumible)	No se requiere	No se requiere	No se requiere						
Caudal	-	-	-						
Tamaño de boquilla	15,8 mm	15,8 mm	15,8 mm						
Temperatura de precalentamiento	15° C	15° C	15° C						
Temperatura entre pasadas	N/A	N/A	N/A						
Características eléctricas	-	-	-						
Polaridad y tipo de corriente	DCEN	DCEN	DCEN						
Modo de transferencia	Corriente	Corriente	Corriente						
Tipo de fuente de alimentación	CV	CV	CV						
Amperios (A)	198-205	385-343	198-213						
Volts (V)	22,9-23	22,7-22	22,9-23						
Velocidad de alimentación alambre (IPM)	875	375	375						
Velocidad de desplazamiento (mm / seg)	3,258	2,985	2,987						
Entrada de calor medida (joules / mm)	1000,83	1281,26	1301,51						
Técnicas	-	-	-						
Entrenador o Tejido	Tejido	Tejido	Tejido						
Poses múltiples o única (por lado)	Múltiple	Múltiple	Múltiple						
Cualidad (manejada / automática)	-	-	-						
Resorte de autoalimentación	1	1	1						
Distancia del tubo de contacto al imbricador	20 mm	20 mm	20 mm						
Material	fibroso	fibroso	fibroso						
Longitud entre pasadas	Capto alambre	Capto alambre	Capto alambre						
Otro	-	-	-						

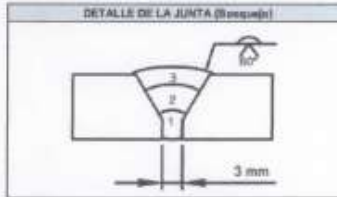
12 1

N° de WPS N° de rev

NO NO

PQR(s) de respaldo Informe CVR

Excesos del material	Tal como se solda	Con PWHT
Soldadura en ranura con CP	10 mm	-
Ranura CP c/CDN	-	-
Soldadura en ranura con PJP	-	-
Soldadura en filete	-	-
Otros	-	-



Realizado por:

*Cristian Ramos*

Sr. Cristian Alejandro Ramos Hernández  
Estudiante Ingeniería Mecánica ESPOCH

Realizado por:

*Gabriel Velazquez*

Ing. Gabriel E. Velazquez MSc.  
Inspector De Soldadura Certificados  
Responsable Técnico de laboratorio de Soldaduras  
MATERIALES

## ANEXO B: INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE ULTRASONIDO

### SINDESECADOR S.A. - SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA

RUC: 1792147220001  
Teléfono: (02)2323774 | Cel.: 0993098196 | 0993096177  
Dirección Matriz: Av. General Rumiñahui y Simón Bolívar | Portón de Cádiz, Casa 124 | Quito - Ecuador  
Email: info@sindes.com

CLIENTE: SR. CRISTIAN RAMOS  
LOCACIÓN: INSTALACIONES SINDESECADOR QUITO  
ORIGEN : TESIS ESPOCH  
ORDEN DEL CLIENTE: N/A

DESCRIPCIÓN: INSPECCIÓN DE SOLDADURAS A:  
CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA  
FCAW



TRABAJO REALIZADO:  
A. INSPECCION POR ULTRASONIDO CONVENCIONAL

ORDEN DE TRABAJO: SINDES-02-132-0322  
FECHA EMISIÓN: 2022-03-22  
REVISIÓN: 0  
FECHA DE INSPECCIÓN: 2021-03-21  
INSPECTOR: Ing. Santiago Suquillo  
PROCEDIMIENTO: SINDES-PR-0402-020 / UT Aws  
ESPECIFICACIÓN: AWS D1.1:2020 / Structural Welding Code - Steel  
ASTM E164-19 / Standard Practice for Contact Ultrasonic Testing of Weldments

La Inspección correspondiente a este documento fue realizada dentro del marco de un sistema de gestión de calidad conforme con ISO/IEC 17020.

Datos, resultados y observaciones obtenidos en la inspección así como el detalle de los equipos usados se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, estos hacen referencia al momento y condiciones en las que se realizó la inspección.



**1. DATOS GENERALES**

CLIENTE:	SR. CRISTIAN RAMOS	ORDEN DE TRABAJO:	SINDES-02-132-0322
LOCACIÓN:	INSTALACIONES SINDESECUADOR QUITO	REPORTE No.:	002 PÁG.: 1 DE 3 REV.: 0
ORIGEN:	TESIS ESPOCH	FECHA DE EMISIÓN:	2022-03-22
PROCEDIMIENTO (S):	SINDES-PR-0402-020 / UT Aws	FECHA DE INSPECCIÓN:	2021-03-21
CÓDIGO / ESTÁNDAR:	AWS D1.1:2020 / Structural Welding Code - Steel ASTM E164-19 / Standard Practice for Contact Ultrasonic Testing of Weldments		

**2. GENERAL**

<b>EQUIPO</b>	Detector de fallas: SIUI CTS-9005 S/N: 34931120034 Retardo Zapata (µs): 18,29      Velocidad (m/s): 3235 Rango (mm): 120      Modo: PULSO/ECHO Bloque Calibración: DSC	Calibrado el: 2021-12-09 Ganancia (dB): 64,3 Angulo: 70° Técnica: Haz Angular	<b>PALPADOR</b>	Transductor: GE- S/N: 13FOOT8N Dimensiones: 0,750X0,750 Frecuencia: 2,25 MHz Acoplante: Gel (metil celulosa)
<b>SUPERFICIES DE INSPECCIÓN</b>	Material: ASTM A36	Condición Superficial: Sin pintura	Espesores de plancha (mm): 10	

**3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA**

3.1 DESCRIPCIÓN: **INSPECCIÓN DE SOLDADURAS A:** CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

3.2 ESQUEMAS:



**4. REGISTRO DE INSPECCIÓN**

ELEMENTO	JUNTA	TIPO	SOLDADOR	FECHA	ÁNGULO(S) TRANSDUCTOR	DISEÑO DE LA CARA	PIERNA (UT)	RESULTADOS		CAMBIO SONICO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (S)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD	MAGNITUD (mm)	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS	
								ACEPTADA	RECHAZADA						X (mm)	Y (mm)			ACEPTADA	RECHAZADA
CUPÓN FCAW-10 IPM 275	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-10 IPM 375	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	-	X	31,4	A	-1	0 a 8	20	205	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-10 IPM 225	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-10 IPM 325	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOMENCLATURA: Evaluación de la discontinuidad: A: Clase A, discontinuidad Mayor - Grande. / B: Clase B, discontinuidad Mediana. / C: Clase C, discontinuidad Pequeña. / D: Clase D, discontinuidad Menor.

**5. RESULTADOS**

RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas NO cumplen con los criterios de aceptación estipulados en AWS D1.1-2020. A excepción del cupón FCAW-10 IPM 225, FCAW-10 IPM 275, FCAW-10 IPM 325 marcado como aceptados



ESTADO FINAL: **SOLDADURAS INSPECCIONADAS RECHAZADAS**

OBSERVACIONES: Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.

**6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS**

Descripción	I.D. / serie	Calibrado el
BLOQUE DSC	43822	2021-11-29
FLEXOMETRO	339TC	2021-08-30

7. SOLICITADO POR: Sr. Cristian Ramos

<b>REALIZADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>RECIBIDO POR:</b>
Nombre: Ing. Santiago Suquillo Cargo: Nivel II SNT-TC-1A	Nombre: Ing. Robert Toasa Cargo: Nivel II SNT-TC-1A	Nombre: Cargo:
Fecha: 2022-03-22 Firma: 	Fecha: 2022-03-22 Firma: 	Fecha: Firma:

000: SINDES-01-0101 | REV. 8 | FECHA: 2020-04-29

**1. DATOS GENERALES**

CLIENTE: <b>SR. CRISTIAN RAMOS</b> LOCALIZACIÓN: <b>INSTALACIONES SINDESECUADOR QUITO</b> ORIGEN: <b>TESIS ESPOCH</b> PROCEDIMIENTO (S): <b>SINDES-PR-0402-020 / UT Aws</b> CÓDIGO / ESTÁNDAR: <b>AWS D1.1:2020 / Structural Welding Code - Steel</b> <b>ASTM E164-19 / Standard Practice for Contact Ultrasonic Testing of Weldments</b>	ORDEN DE TRABAJO: <b>SINDES-02-132-0322</b> REPORTE No. <b>002</b> PÁG.: <b>2 DE 3</b> REV.: <b>0</b> FECHA DE EMISIÓN: <b>2022-03-22</b> FECHA DE INSPECCIÓN: <b>2021-03-21</b>
--	---

**2. GENERAL**

<b>EQUIPO</b>	Detector de fallas: <b>SILI CTS-9005 S/N: 349311120034</b>	Calibrado el: <b>2021-12-09</b>	<b>PAUPADOR</b>	Transductor: <b>GE-5/N: 13FO0T8N</b>	
	Retardo Zapata (µs): <b>18,29</b>	Velocidad (m/s): <b>3235</b>		Ganancia (dB): <b>64,3</b>	Dimensiones: <b>0,750X0,750</b>
	Rango (mm): <b>120</b>	Modo: <b>PULSO/ECHO</b>		Angulo: <b>70°</b>	Frecuencia: <b>2,25 MHz</b>
	Bloque Calibración: <b>DSC</b>	Técnica: <b>Haz Angular</b>		Acoplante: <b>Gel (metil celulosa)</b>	
<b>SUPERFICIES DE INSPECCIÓN</b>		Material: <b>ASTM A36</b>	Condición Superficial: <b>Sin pintura</b>	Espesores de plancha (mm): <b>8</b>	

**3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA**

**3.1 DESCRIPCIÓN: INSPECCIÓN DE SOLDADURAS A:**

**CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

**3.2 ESQUEMAS:**



CUPÓN FCAW-8-IPM 300

CUPÓN FCAW-8-IPM 150

CUPÓN FCAW-8-IPM 225

CUPÓN FCAW-8-IPM 175

**4. REGISTRO DE INSPECCIÓN**

ELEMENTO	JUNTA	TIPO	SOLDADOR	FECHA	ÁNGULO(S) TRANSDUCTOR	DESEDE LA CARA	PREPARA (UT)	RESULTADOS				CAMINO SONIDO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (B)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD	REGULADO (IPM)	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS	
								REFUSA	RECHAZA	K (mm)	Y (mm)						REFUSA	RECHAZA				
CUPÓN FCAW-8 IPM 300	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-III	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-8 IPM 150	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-III	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-III	-	X	20,8	A	-2	0 a 7	80	0	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-8 IPM 225	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-8 IPM 175	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-III	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-III	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**NOMENCLATURA:** Evaluación de la discontinuidad: A: Clase A, discontinuidad Mayor - Grande. / B: Clase B, discontinuidad Mediana. / C: Clase C, discontinuidad Pequeña. / D: Clase D, discontinuidad Menor.

**5. RESULTADOS**

RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas NO cumplen con los criterios de aceptación estipulados en AWS D1.1-2020. A excepción de los cupones FCAW-8 IPM 300, FCAW-8 IPM 225 y FCAW-8 IPM 175 marcados como aceptados


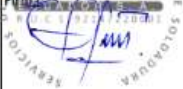


ESTADO FINAL: **SOLDADURAS INSPECCIONADAS RECHAZADAS**

OBSERVACIONES: Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.

**6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS**

Descripción	I.D. / Serie	Calibrado el
BLOQUE DSC	43822	2021-11-29
FLEXÓMETRO	339TC	2021-08-30

7. SOLICITADO POR: **Sr. Cristian Ramos**

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		RECIBIDO POR:	
Nombre:	Ing. Santiago Suquillo	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	
					
	Servicio de Inspección No destructiva y de soldadura		Servicio de Inspección No destructiva y de soldadura		

 	<b>REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS MEDIANTE ULTRASONIDO INDUSTRIAL</b>	<b>SR. CRISTIAN RAMOS</b>
		<small>000: SINDES-FO-IN-015   REV. 6   FECHA: 2020-04-28</small>

<b>1. DATOS GENERALES</b>		ORDEN DE TRABAJO: <b>SINDES-02-132-0322</b>
CLIENTE:	<b>SR. CRISTIAN RAMOS</b>	REPORTE No. <b>002</b> PÁG.: <b>3 DE 3</b> REV.: <b>0</b>
LOCACIÓN:	<b>INSTALACIONES SINDESECUADOR QUITO</b>	FEHA DE EMISIÓN: <b>2022-03-22</b>
ORIGEN:	<b>TESIS ESPOCH</b>	FECHA DE INSPECCIÓN: <b>2021-03-21</b>
PROCEDIMIENTO (S):	<b>SINDES-PR-0402-020 / UT Aws</b>	
CÓDIGO / ESTÁNDAR:	<b>AWS D1.1:2020 / Structural Welding Code - Steel</b>	
	<b>ASTM E164-19 / Standard Practice for Contact Ultrasonic Testing of Weldments</b>	

<b>2. GENERAL</b>			
EQUIPO	Detector de fallas:	SIIUI CTS-9005 S/N: 549311120034	Calibrado el: 2021-12-09
	Retardo Zapata (µs):	18,29	Velocidad (m/s): 3235
	Rango (mm):	120	Modo: PULSO/ECHO
	Bloque Calibración:	DSC	Técnica: Haz Angular
	Garancia (dB):	64,3	Angulo: 70°
	Palpador:	Transductor: GE-S/N: 13F0078N	Dimensiones: 0,75x0x0,750
		Frecuencia: 2,25 MHz	Acoplante: Gel (metil celulosa)
SUPERFICIES DE INSPECCIÓN		Material: <b>ASTM A36</b>	Condición Superficial: <b>Sin pintura</b>
		Esposes de plancha (mm):	<b>0</b>

<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA</b>		
3.1 DESCRIPCIÓN: <b>INSPECCIÓN DE SOLDADURAS A:</b>		<b>CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>
3.2 ESQUEMAS:		
		

ELEMENTO	JUNTA	TIPO	SOLDADOR	FECHA	ANGULOS TRANSDUCTOR	DESDE LA CARA	PIERNA (UT)	RESULTADOS		CAMINO SONIDO (S)	CLASIFICACIÓN DISCONTINUIDAD (B)	EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD	PROFUNDIDAD (mm)	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS	
								RECTIFICADA	REDONDEADA						X (mm)	Y (mm)			ADIFERIDA	REDONDEADA
CUPÓN FCAW-6 IPM 200	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-6 IPM 175	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-6 IPM 125	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	-	X	41	A	2	3 ± 4	40	240	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUPÓN FCAW-6 IPM 230	LADO A	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LADO B	A	-	2022-03-21	70	A	I-II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOMENCLATURA: Evaluación de la discontinuidad: A: Clase A, discontinuidad Mayor - Grande. / B: Clase B, discontinuidad Mediana. / C: Clase C, discontinuidad Pequeña. / D: Clase D, discontinuidad Menor.

<b>5. RESULTADOS</b>		<b>6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS</b>	
RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas NO cumplen con los criterios de aceptación estipulados en AWS D1.1-2020. A excepción de los cupones FCAW-6 IPM 175, FCAW-6 IPM 200 y FCAW-6 IPM 230 marcados como aceptados <b>SOLDADURAS INSPECCIONADAS RECHAZADAS</b>		Descripción BLOQUE DSC FLEXÓMETRO	I.D. / serie 43822 339TC Calibrado el 2021-11-29 2021-08-30
ESTADO FINAL:		<b>7. SOLICITADO POR: Sr. Cristian Ramos</b>	
OBSERVACIONES:	Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.		






<b>REALIZADO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>		<b>RECIBIDO POR:</b>	
Nombre:	Ing. Santiago Suquillo	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel III ASNT 218812	Cargo:	
Fecha:	2022-03-22	Fecha:	2022-03-22	Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	



ANEXO C: INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE DOBLADO DE CARA Y RAÍZ

INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA – RAÍZ

IDENTIFICACIÓN: ESPOCH – RAMOS – 8233

Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW – 125 - 6	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	No Aprueba
	C2: Indicaciones 1. 1,5 mm		C2: Aprueba	
	R1: Indicaciones 1. 2 mm 2. 4 mm		R1: No Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	
FCAW – 175 - 6	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Sin observaciones		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	



INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA – RAÍZ









IDENTIFICACIÓN: ESPOCH – RAMOS – 8233

Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW – 200 - 6	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Sin observaciones		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	
FCAW – 230 - 6	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Indicaciones I. 1,5 mm		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	



INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA – RAÍZ






IDENTIFICACIÓN: ESPOCH – RAMOS – 8233

Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW – 150 - 8	C1: Fractura total		C1: No Aprueba	No Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Fractura total		R1: No Aprueba	
	R2: Fractura total		R2: No Aprueba	
FCAW – 175 - 8	C1: Fractura total		C1: No Aprueba	No Aprueba
	C2: Fractura total		C2: No Aprueba	
	R1: Indicaciones 1. 2 mm		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	



INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA - RAÍZ









IDENTIFICACIÓN: ESPOCH - RAMOS - 8233

Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW - 225 - 8	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Indicaciones 1. 1 mm 2. 1 mm		R1: Aprueba	
	R2: Indicaciones 1. 1 mm 2. 1,3 mm 3. 3 mm		R2: Aprueba	
FCAW - 300 - 8	C1: Sin observaciones		C1: Aprueba	Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Indicaciones 1. 1,6 mm		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	



INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA - RAÍZ

IDENTIFICACIÓN: ESPOCH - RAMOS - 8233









Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW - 225 - 10	<b>C1:</b> Indicaciones 1. 2 mm		<b>C1:</b> Aprueba	Aprueba
	<b>C2:</b> Sin observaciones		<b>C2:</b> Aprueba	
	<b>R1:</b> Sin observaciones		<b>R1:</b> Aprueba	
	<b>R2:</b> Sin observaciones		<b>R2:</b> Aprueba	
FCAW - 275 - 10	<b>C1:</b> Sin observaciones		<b>C1:</b> Aprueba	No Aprueba
	<b>C2:</b> Sin observaciones		<b>C2:</b> Aprueba	
	<b>R1:</b> Indicaciones 1. 1 mm 2. 2x1 mm 3. 4 mm		<b>R1:</b> No Aprueba	
	<b>R2:</b> Fractura total		<b>R2:</b> No Aprueba	





**INFORME DE RESULTADOS ENSAYOS DE DOBLADO CARA – RAÍZ**

IDENTIFICACIÓN: ESPOCH – RAMOS – 8233

Denominación	Descripción Ensayo	Imagen	Calificación	Calificación Global
FCAW – 325 - 10	C1: Fractura parcial		C1: No Aprueba	No Aprueba
	C2: Sin observaciones		C2: Aprueba	
	R1: Sin observaciones		R1: Aprueba	
	R2: Sin observaciones		R2: Aprueba	
FCAW – 375 - 10	C1: Fractura total		C1: No Aprueba	No Aprueba
	C2: Fractura total		C2: No Aprueba	
	R1: Fractura total		R1: No Aprueba	
	R2: Fractura total		R2: No Aprueba	



## ANEXO D: INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE TRACCIÓN EN SECCIÓN REDUCIDA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

F01-PE-LAEV-01 Rev.01

### INFORME TÉCNICO

LAEV – M22.064

Quito, 26 de julio de 2022

**Solicitado por:** Ing. Carlos Serrano, M.Sc  
**Persona de contacto:** Cristian Ramos  
**Teléfono:** 0978721134  
**Correo:** cristiana.ramos@esPOCH.edu.ec  
**Fecha de recepción:** 11/07/2022  
**Fecha de ejecución:** 25/07/2022

**ORDEN DE TRABAJO N°:** DM-OT0068-2022

1. **MUESTRAS:** Veinte y cuatro (24) probetas planas de juntas soldadas para ensayo de tracción.

#### 2. GENERALIDADES E IDENTIFICACIÓN:

La siguiente descripción fue proporcionada por el cliente:

**Título de la tesis:** EVALUACIÓN EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZAR JUNTAS DE ACERO A36 SOLDADAS MEDIANTE EL PROCESO FCAW

En la tabla 1 se muestra la identificación de las muestras a ser ensayadas:

Tabla 1. Identificación de las muestras

Id. cliente	Id. LAEV
FCAW-225-10 (T1-T2)	M22.064.01 - M22.064.02
FCAW-275-10 (T1-T2)	M22.064.03 - M22.064.04
FCAW-325-10 (T1-T2)	M22.064.05 - M22.064.06
FCAW-375-10 (T1-T2)	M22.064.07 - M22.064.08
FCAW-150-8 (T1-T2)	M22.064.09 - M22.064.10
FCAW-175-8 (T1-T2)	M22.064.11 - M22.064.12
FCAW-225-8 (T1-T2)	M22.064.13 - M22.064.14
FCAW-300-8 (T1-T2)	M22.064.15 - M22.064.16
FCAW-125-6 (T1-T2)	M22.064.17 - M22.064.18
FCAW-175-6 (T1-T2)	M22.064.19 - M22.064.20
FCAW-200-6 (T1-T2)	M22.064.21 - M22.064.22
FCAW-230-6 (T1-T2)	M22.064.23 - M22.064.24

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:  $22,2 \pm 1,4$  °C

Humedad relativa:  $51,7 \pm 3,0$  %

### 4. ENSAYO DE TRACCIÓN EN JUNTAS SOLDADAS

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de tracción.

Tabla 2. Ensayo de tracción.

Id.	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
M22.064.01	20,20	9,85	15 458	68 762	58,9	405,9	FMB
M22.064.02	20,24	9,88	18 869	83 934	64,0	441,5	FMB
M22.064.03	20,15	9,61	15 600	69 390	64,8	447,1	FMB
M22.064.04	20,51	9,73	16 828	74 853	63,7	439,4	FMB
M22.064.05	19,37	9,60	16 941	75 357	65,5	451,9	FMB
M22.064.06	19,78	9,66	17 419	77 484	65,4	451,1	FMB
M22.064.07	20,40	9,91	18 435	82 002	65,2	449,7	FMB
M22.064.08	20,79	9,86	17 994	80 040	66,2	456,3	FMB
M22.064.09	20,86	7,77	11 619	51 685	56,9	392,4	FJS
M22.064.10	20,33	7,95	15 232	67 754	67,4	464,9	FJS
M22.064.11	20,08	7,85	15 097	67 154	68,6	473,2	FMB
M22.064.12	20,16	7,93	11 775	52 378	63,9	440,7	FJS
M22.064.13	19,20	7,79	14 790	65 791	67,3	464,0	FMB
M22.064.14	20,35	7,84	11 141	49 556	63,9	440,5	FMB
M22.064.15	19,26	7,93	15 839	70 454	66,9	461,3	FMB
M22.064.16	19,25	7,86	10 089	44 879	45,4	312,9	FMB
M22.064.17	19,22	5,81	11 050	49 154	63,8	440,2	FMB
M22.064.18	18,69	5,82	10 919	48 571	64,8	446,5	FMB
M22.064.19	20,12	5,69	8 015	35 652	47,5	327,7	FJS
M22.064.20	20,12	5,78	11 282	50 185	65,9	454,1	FJS
M22.064.21	19,07	5,84	9 989	44 433	57,9	399,0	FJS
M22.064.22	19,80	5,78	11 246	50 026	66,8	460,4	FJS
M22.064.23	19,91	5,87	10 161	45 199	59,1	407,2	FMB
M22.064.24	20,05	5,78	11 138	49 544	65,3	450,0	FMB


\*FMB= Falla en el material base

\*FJS= Falla en la junta soldada

\*ZAC= Zona afectada por el calor

**Nota.-** Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV).

Además, los valores de fuerza que se emiten en el presente documento (y con los que se ha evaluado la conformidad) corresponden a valores corregidos en función del último certificado de calibración del equipo de fuerza y no se ha utilizado el valor de la incertidumbre.

	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<b>Firma:</b>	 <p>Firmado digitalmente por:  <b>WILSON IVAN            GUACHAMIN            ACERO</b></p>	<p>Firmado digitalmente por:  <b>WILSON IVAN GUACHAMIN            ACERO</b>            Fecha: 2022.04.08 13:43:25            -05'00'</p>
<b>Nombre:</b>	Ing. Jonathan Castro, M.Sc.	Ph.D. Wilson Guachamin
<b>Cargo:</b>	<b>ESPECIALISTA DE LABORATORIO</b>	<b>JEFE</b>
<b>LABORATORIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES</b>		